UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DEL USO DE LA ESPECIE DE BAMBÚ GUADUA COMO ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN VENEZUELA.

TRABAJO FINAL DE GRADO PRESENTADO POR EL BACHILLER CARLOS ANDRÉS PÉREZ SALAVERRIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

CIUDAD BOLÍVAR, FEBRERO 2011

HOJA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado, intitulado **"ANÁLISIS DEL USO DE LA ESPECIE DE BAMBÚ GUADUA COMO ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN VENEZUELA"**, presentado por el bachiller **CARLOS ANDRÉS PÉREZ SALAVERRIA**, ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombres:	Firmas:
Profeso Giovanni Grieco (Asesor)	_____
_____	_____
_____	_____

_____

Profesor Jacques Edlibi
Jefe del Departamento de Ingeniería Civil

Ciudad Bolívar, Febrero de 2011.

DEDICATORIA

A mi madre Rosa Amalia Salaverria por su crianza y enseñanza como se lo dije una vez “lo lograste”. A mi padre Félix Pérez por ser pilar de mi vida y confiar en mí. A mis segundos padres Mirla Pérez y Osmer Marsiglia apoyos fundamentales. A mi hermana Rosa Pérez por compartir conmigo este sueño.

A mis amigos Teresa Gil, Ilusión Rivero, Francis Fernández, Lina Villanueva, Josmary Silva, Yasmelina Burgos, Jesús Padilla, Pedro Salazar, Johan Pérez; por siempre estar alentándome y llenándome de aprendizajes.

A la profesora María Gabriela Casado (+) por contribuir no solo a mi aprendizaje académico si no también humano.

Y en general a todas esas personas que me apoyaron y a las que no creyeron en mí, fueron un motor de impulso a la meta

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, voy a agradecer a Dios Todopoderoso por permitirme vivir y por mostrarme siempre el buen camino.

A mi madre Rosa Salaverria y a mi Padre Félix Pérez, por haberme traído a la vida, darme una educación de calidad y por haberme dado todo el apoyo necesario para llegar hasta donde he llegado hoy. A mi hermana Mirla por sus incansables consejos y palabras de aliento, sé que esta felicidad la compartimos juntos. A mi hermano Carlos Alberto más allá de su ayuda, por ser un ejemplo a seguir de ser humano. Te quiero hermano. A mis sobrinos Osmer mi compañero desde el primer día de clases, Angel Luis y Legna por cuidar de mí y a Royer y Karina que estuvieron presente siempre. A mí cuñado Osmer F Marsiglia su ejemplo me inspira y a mi cuñada Elisa Salinas gracias por todo. Y muy especial a la profesora Margot Rojas y a Rodolfo Sandoval de la cooperativa Bambusa por su dedicación al 100%

A la Universidad de Oriente en general, y en particular, a todo el personal docente que compone el Departamento de Ingeniería Civil por haberme dado la formación necesaria para desarrollar con éxito mi carrera como profesional. Un especial agradecimiento a mi tutor académico, el profesor Giovanni Grieco, por todo ese conocimiento impartido en estos años de estudio y por haberme ayudado a cumplir esta meta.

RESUMEN

Este trabajo de grado cuyo objetivo general es "Analizar el uso de la especie bambú Guadua con la finalidad de ser utilizado como un material sustentable para la construcción de viviendas en Venezuela" basado en soluciones y estudios reales a nivel mundial, que han sido aplicados en busca del mismo propósito: solventar problemas habitacionales a través de materiales y procedimientos que disminuyan costos, sean respetuosos con el ambiente y constituyan proyectos viables para todos los sectores de la sociedad. Según esas características y por su milenario uso, el bambú guadua se postula como uno de los grandes para la construcción siendo estructuralmente eficiente con una excelente ratio peso-resistencia. El nivel de investigación es de tipo descriptivo y con un diseño documental. Se estableció un marco referencial con bases teóricas que incluyeron una selección de manuales, tesis, publicaciones y consulta a expertos que contemplan estudios desde la descripción de la plata y su utilidad en la construcción según sus partes hasta un recorrido por las condiciones del bambú Guadua en el país. Posteriormente, se estableció una comparación mediante una tabla para verificar que tanto coinciden o difieren la construcción con Guadua y la convencional. Finalmente se establecieron las propuestas de inclusión del bambú Guadua en la construcción en Venezuela, sustentándola con unas referencias fotográficas que muestran como es el proceso.

CONTENIDO

Página

HOJA DE APROBACIÓN ii
DEDICATORIA iii
AGRADECIMIENTOS iv
RESUMEN v
CONTENIDO vi
LISTA DE FIGURAS x
LISTA DE TABLAS xiii
LISTA DE ANEXOS xiv
INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I. SITUACIÓN A INVESTIGAR 4

1.1 Planteamiento del problema 4
1.2 Objetivos de la investigación 8
1.2.1 Objetivo general 8
1.2.2 Objetivos específicos 8
1.3 Justificación de la investigación 9
1.4 Alcance de la investigación 9

CAPÍTULO II. GENERALIDADES 11

2.1 Ubicación geográfica del área 11
2.2 Acceso al área 14
2.3 Características físicas y naturales 15
2.3.1 Geología 15
2.3.2 Relieve 15
2.3.3 Clima 15
2.3.4 Suelos 16
2.3.6 Hidrografía 17
2.3.7 Vegetación 17

CAPÍTULO III.MARCO TEÓRICO 19

3.1 Antecedentes de la investigación 19
3.2 Bases teóricas 21
3.2.1 Desarrollo sostenible o sustentable 21
3.2.2 Desarrollo económico y social respetuoso con el medio ambiente 22
3.2.3 Material Sostenible 22
3.2.4 Bioconstrucción 23
3.2.5 Construcción Bioclimática 24
3.2.6 El bambú en la construcción 24
3.2.7 Ventajas y desventajas del uso del bambú en la construcción 26
3.3 Bases legales 29
3.3.1 Desarrollo sustentable según la Constitución Bolivariana de Venezuela . 29

CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DE TRABAJO 31

4.1 Nivel de Investigación 31
4.2 Diseño de la Investigación 32
4.3 Población y muestra 32
4.4 Flujograma de la metodología y descripción del flujograma 33
4.4.1 Fase I. Recopilación de la información 35
4.4.1.1 Revisión documental 35
4.4.2 Fase II. Organización de la información 35
4.4.2.1 Organización y extracción de la información: 35
4.4.2.2 Elaboración de bases teóricas: 35
4.4.2.3 Describir las características de la especie bambú Guadua: 36
4.4.3 Fase III. Comparación de la construcción convencional-Guadua y formulación de propuestas 36
4.4.3.1 Analizar las condiciones actuales y los avances en la construcción con bambú Guadua: 36
4.4.3.2 Comparar la construcción con Guadua con la construcción convencional 36
4.4.3.3 Proponer incorporar el bambú Guadua en el proceso de los usos sustentables en la construcción de viviendas 36
4.4.4 Fase IV. Procesamiento de la información 37
4.4.4.1 Interpretación de los resultados 37
4.4.4.2 Conclusiones y Recomendaciones 37
4.4.4.3 Redacción del Informe Final 37

CAPÍTULO V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS 38

5.1 Descripción de las características de la especie bambú Guadua en la construcción de viviendas. 38
5.1.1 Origen y sistemática del Bambú Guadua 38
5.1.2 Características Morfológicas 40
5.1.2.1 Rizoma: 40
5.1.2.2 Culmo: 41
5.1.2.3 Yema 42
5.1.2.4 Ramas: 43
5.1.2.5 Hojas caulinares 43
5.1.2.6 Hojas ramales: 44
5.1.2.7 Inflorescencia 45
5.1.2.8 Fruto 45
5.1.3 Fases de Desarrollo de la Guadua 46
5.1.3.1 Rebrote 46
5.1.3.2 Guadua joven 47
5.1.3.3 Guadua madura 47
5.1.3.4 Guadua sobremadura 48
5.1.4 Zonas de la sección transversal de la Guadua 49
5.1.5 Propiedades físicas y mecánicas de la Guadua 50
5.1.5.1 Propiedades físicas 50
5.1.5.2 Propiedades mecánicas 53
5.1.6 Tratamientos de conservación 53
5.1.6.1 Corte del tallado según su edad o grado de sazonamiento 54
5.1.6.2 Curado del bambú 56
5.1.6.3 Métodos de secado 57
5.1.6.4 Tratamientos 59
5.1.6.5 Productos preservativos empleados 63
5.2 Uso del bambú Guadua en la construcción de viviendas 65
5.2.2 Basa 67
5.2.2.1 La esterilla de guadua 69
5.2.3 Sobrebasa: 73
5.2.4 Varillón 75
5.3 Análisis de las condiciones actuales y los avances en la construcción con bambú Guadua en Venezuela 77
5.3.1 Primeras iniciativas 77
5.3.2 Situación actual del bambú en Venezuela 78
5.3.3 Proyecto “Bambú” 79
5.4 Comparar la construcción con bambú guadua y la construcción convencional. 83
5.4.1 Paredes 83

5.4.2 Entrepisos 90
5.4.3 Cubierta 93
5.4.4 Cimientos 98
5.4.4.1 Terreno plano: 99
5.4.4.2 Terrenos con pendientes 101
5.4.5 Herramientas 101
5.5 Proponer incorporar el bambú guadua en el proceso de los usos sustentables en la construcción de viviendas 108

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 120

Conclusiones: 120
Recomendaciones: 122

REFERENCIAS 123

ANEXO 125

LISTA DE FIGURAS

Página

2.1 Estado Táchira (Internet, 2010). 13
2.2 Mapa de ubicación del área de acceso al municipio Junín zona de siembra (Internet, 2010) 14
4.1 Flujograma de la Metodología..... **¡Error! Marcador no definido.**
5.1 Guadua macana (Internet, 2010) 39
5.2 Rizoma de Guadua angustifolia K. (Internet, 2010)..... 40
5.3 Culmo de Guadua angustifolia K (Táchira, 2010) 41
5.4 Nudo del tallo con la yema de las ramas (Internet, 2010) 42
5.5 Brote de una rama espinosa en un nudo interior del tallo. (Internet, 2010) . 43
5.6 Hojas caulinares (Internet, 2010) 44
5.7 Hojas de follaje (Táchira, 2010)..... 44
5.8 Inflorescencia de la caña guadua (Internet, 2010)..... 45
5.9 Rebrote (Internet, 2010) 46
5.10 Guadua joven "viche"(Internet, 2010) 47
5.11 Guadua madura "Hecha" (Internet, 2010)..... 48
5.12 Guadua seca (Internet, 2010)..... 48
5.13 Sección de Guadua(Internet, 2010) 49
5.14 Curado en la mata (Internet, 2010). 56
5.15 Curado por inmersión (Internet, 2010). 57
5.16 Transpiración de las hojas (Internet, 2010). 61
5.17 Boucherie modificado (Internet, 2010). 62
5.18 Guadua en inmersión (Internet, 2010). 62
5.19 Vigas principales realizadas en Guadua. (Táchira, 2010) 66
5.20 Vigas y columnas principales realizadas en Guadua. (Colombia, 2010) 66
5.21 a) Cercha realizada en bambú. b) Modelo de cercha en bambú. (Colombia, 2010). 67
5.22 a) Correas de techo en guadua b) Modelo de correas de techo realizadas en guadua (Colombia,2010). 68
5.23 Estructura de guadua con muros de esterilla de guadua. (Colombia, 2010). 68
5.24. Pared construida con esterillas de Guadua. (Táchira, 2010). 72
5.25. Fabricación de la esterilla. (Manual de la Guadua, 2010). 73
5.26 Apuntalamiento de estructura de concreto con sobrebasa del bambú guadua. (Táchira, 2010). 74
5.27 Alfardas de varillón usadas para la colocación de tejas. (Manual de la Guadua,2010)..... 75
5.28 Utilización en construcción de los diferentes segmentos de la Guadua. (Manual de la Guadua,2010)..... 76

5.29. Avances en el uso del bambú en Venezuela. 82
5.30 Componentes del muro de bahareque (Manual de la Guaduat, 2010). 85
5.31 Sección transversal muros de bahareque encementado (Manual de la Guadua, 2010). 85
5.32 Proceso de Construcción de Paredes (Manual de la Guadua, 2010). 88
5.33. Muro en bahareque encementado (Colombia, 2010). 88
5.34 Corte placa de entrepiso (Manual de la Guadua,2010). 90
5.35. Detalle Zuncho de viguetas (Manual de la Guadua,2010). 91
5.36 Proceso de Construcción de Entrepisos (Manual de la Guadua,2010). 92
5.37 Proceso de Construcción de Entrepisos (Táchira, 2010). 92
5.38 Elementos de cuchilla de techo para apoyos sobre muro (Manual de la Guadua, 2010). 94
5.39 Cercha tipo para luces hasta 10m (Manual de la Guadua,2010). 94
5.40 Techo cubierto por esterillas de Guadua (Táchira, 2010). 95
5.41 Proceso de Construcción de cubiertas, con cuchillas. (Manual de la Guadua, 2010). 96
5.42 Proceso de Construcción de cubiertas, con cerchas. (Manual de la Guadua, 2010). 97
5.43 Vigas de cimentación (Manual de la Guadua, 2010). 98
5.44 Detalle sobrecrecimiento a) En hormigón b)Mampostería confinada. (Manual de la Guadaua,2010). 100
5.45 Detalle de bastones verticales (Manual de la Guadua, 2010). 100
5.46 Sobrecimiento en pendientes a)Escalonado en mampostería confinada y b) escalonado en diagonales y pie derechos de guadua. (Manual de la Guadua, 2010). 101
5.47 Tallado del bambú (Táchira, 2010). 102
5.48 Boca de pescado tallada (Internet, 2010). 103
5.49 Sierra circular (Táchira, 2010). 103
5.50 Anillo de cuchillos (Táchira, 2010). 104
5.51 Broca (Internet, 2010). 104
5.52 Guadual en su estado natural. (Colombia, 2010) 110
5.53 Guadua lista para ser cortado. Estado optimo de madurez 5 a 6 años aproximadamente. (Colombia 2010) 110
5.54 Proceso de selección y trasporte de la Guadua al sitio de construcción. (Colombia, 2010) 111
5.55 Secado de la Guadua. (Colombia, 2010) 111
5.56 Esterilla de guadua para la construcción de paredes. (Colombia, 2010) 111
5.57 Inicio de la construcción. (Colombia, 2010) 112
5.58 Cimiento placa flotante. (Colombia, 2010) 112
5.59 Estructura de Guadua vista desde el interior. (Colombia, 2010) 112
5.60 Estructura casa Guadua (vista exterior). (Colombia, 2010) 113
5.61 Detalles de la estructura. (Colombia, 2010) 113
5.62 Avances en la estructura (Colombia 2010) 113

5.63 Proceso de curvado de la Guadua. (Colombia 2010) 114
5.64 Inicio de paredes con esterilla de Guadua (Colombia, 2010)..... 114
5.65 Pisos y detalles de muro elaborados con estructura de guadua y esterilla del mismo material. (Colombia, 2010)..... 115
5.66 Combinación de materiales (ladrillo-esterillas-Guadua) (Colombia, 2010) 115
5.67 Vista del primer y segundo piso. (Colombia, 2010)..... 116
5.68 Muros primer piso. (Colombia, 2010)..... 116
5.69 Placa del primer piso (lista para vaciado). (Colombia, 2010)..... 117
5.70 Placa de entre piso vista desde abajo. (Colombia, 2010) 117
5.71 Techado. (Colombia, 2010)..... 118
5.72 Techado y frisos. (Colombia, 2010)..... 118
5.73 Detalles del friso. (Colombia, 2010) 118
5.74 Casa terminada (Colombia, 2010)..... 119
5.75 Casa terminada (vista lateral). (Colombia, 2010)..... 119

LISTA DE TABLAS

Página

5.1 Clasificación Taxonómica de la especie Guadua angustifolia (Castaño y Moreno, 2004)..... 38
5.2 Dimensiones del culmo de caña guadua 42
5.3 Refuerzo y dimensiones mínimas de cimentaciones 99
5.4 Resumen de las principales diferencias entre la construcción con Bambú Guadua y la construcción con Concreto Armado..... 105

LISTA DE ANEXOS

1 MANUAL DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE DE VIVIENDAS EN BAHAREQUE ENCEMENTADO
2 PEQUEÑO MANUAL DE LA GUADUA

INTRODUCCIÓN

Diferentes culturas alrededor de todo el mundo han utilizado el bambú en su vida diaria durante siglos. La especie de bambú más grande y extraordinaria, conocida como "Guadua Angustifolia Kunth", está considerada como una de las 20 mejores especies de bambú del mundo.

En 1822 el botánico Alemán Kunth describió al Guadua como una variedad segregada de la Bambusa asiática original. Kunth empleó la palabra indígena “guadua” (hoja estrecha), que era el nombre utilizado por las comunidades indígenas de Ecuador y Colombia para referirse a este tipo de bambú.

Esta hierba fácil de utilizar y ecológicamente amiga, tiene actualmente numerosos usos: mobiliario y artesanía, material de construcción, paneles (paneles de madera plywood, laminados, suelos parquet), industria papelera, carbón vegetal, industrias farmacéuticas, instrumentos musicales, viviendas, etc.

La razón de tantos usos es sencilla: ningún otro recursos natural posee más: versatilidad, ligereza, flexibilidad, resistencia, dureza, adaptabilidad climática, resistencia a los terremotos, rápido crecimiento, fácil manejo y belleza visual.

La utilización del bambú en Venezuela ha sido esporádica, tan sólo en la fabricación de muebles, como elemento decorativo y artesanía. Todavía no ha recibido la importancia social y económica que merece. Se ha considerado una especie de uso marginal dentro de las especies forestales, asociada a la pobreza. Últimamente, se está formando un movimiento entusiasta que reconoce el potencial del bambú; por tal motivo, el gobierno nacional busca integrar el bambú en el

mercado nacional para que florezca la artesanía, la fabricación de muebles y sobre todo la construcción de viviendas

De aquí la importancia en el desarrollo de los objetivos en este trabajo de grado puesto se pone al cubierto todas esas interrogantes referentes a este elemento constructivo y su aplicación en el campo habitacional específicamente, tratando de dejar un conocimiento clave para que en un futuro inmediato se pongan en marcha planes que desarrollen alternativas en proyectos sustentables, que aporten soluciones importantes en pro del país, así mismo crear conciencia ambiental, motivación a la siembra y aprovechamiento de recursos.

Para lograr dichos objetivos, el desarrollo de este trabajo de investigación comprende una serie de elementos que se explican y detallan a contiuación:

Capítulo I. Situación a investigar: en esta parte se exponen los argumentos que sustentan el planteamiento del problema central de esta investigación. Así mismo, se definen los objetivos de la investigación, justificación y el alcance de la investigación.

Capítulo II: Generalidades: se describe en esta fase el estado Táchira por ser la región del país donde en los actuales momentos se desarrolla el más amplio avance en investigación, siembra y construcción con bambú Guadua. Se describe la situación geográfica, las características físicas y naturales, así como también el acceso al área de siembra

Capítulo III. Marco teórico: para cumplir con los objetivos de esta investigación, se presenta un marco referencial sobre antecedentes, desarrollo sustentable, bioconstrucción, el bambú en la construcción, ventajas y desventajas de esta técnica y las bases legales que dicta el estado.

Capítulo IV. Metodología de trabajo: se explica la forma en que se desarrollará el estudio para poder dar respuesta al problema planteado, haciendo referencia al tipo y diseño de la investigación.

Capítulo V. Análisis e interpretación de los resultados: en este punto se presentan de manera detallada, los pasos para cubrir cada uno de los objetivos planteados en la investigación.

Conclusiones y recomendaciones: luego de realizada toda la investigación, y de acuerdo a la secuencia de los objetivos se establecen las recomendaciones a la investigación.

Al final se presentan las referencias y anexos que amplían más la información de la investigación.

CAPÍTULO I
SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

El siglo XXI exige cambios en los materiales para la construcción, el desarrollo de la tecnología y el desarrollo sustentable es una realidad ineludible del mundo actual. Uno de los materiales de construcción a escoger para el siglo XXI puede ser el bambú. Este miembro de la familia de los pastos de tallos huecos está emergiendo desde los reinos de las endebles chozas tropicales y llamando la atención de los más respetables arquitectos e ingenieros. Desde Hawái hasta Vietnam es usado para construir las más lujosas residencias y resorts, pero también iglesias y puentes.

Sus patrocinadores llaman al bambú el "acero vegetal" por su claro atractivo ambiental. Más liviano que el acero, pero cinco veces más fuerte que el concreto, el bambú es oriundo en casi todos los continentes, excepto en Europa y Antártica. Es uno de los materiales usados desde la más remota antigüedad por el hombre para aumentar su comodidad y bienestar.

En el mundo del concreto y acero de hoy, el bambú continúa aportando su centenaria contribución y aun crece en importancia. Esa visión amplia e inteligente para valorar el bambú ha permitido encontrar en la especie un sinnúmero de posibilidades y ventajas aplicadas al campo de la construcción, con excelentes resultados económicos, enorme rentabilidad, amplio protagonismo en los mercados internacionales y un desarrollo tecnológico efectivo para su procesamiento, además, en una era de mermados recursos y creciente población, los beneficios sociales y ambientales son los mejores puntos de venta del bambú como material de construcción.

En los últimos 60 años los países del sur del mundo han incrementado significativamente sus índices demográficos. La mejoría de las condiciones socio-sanitarias ha influido decisivamente para que la población se multiplicara a un ritmo cada vez más acelerado. Estos aumentos de la población se han concentrado fundamentalmente en las principales ciudades de los países latinoamericanos, produciendo en pocas décadas un colapso en la capacidad de servicios de éstas y un déficit cada vez mayor en la oferta de vivienda.

La durabilidad de los materiales de construcción actuales se obtiene a costa de un muy elevado gasto de energía: 1000 grados centígrados para producir cemento portland, 1700 grados centígrados para obtener el acero que se utiliza en la construcción, altos costos en fletes, etc. Este alto consumo de energía sumado a diseños inapropiados, no adaptados a las condiciones climáticas, culturales y económicas del país, más la visión por parte del sector financiero de la problemática de la vivienda como uno de los negocios más lucrativos, con índices de retorno del capital invertido más rápido y tasas de ganancia más elevadas, han convertido la adquisición de una vivienda en un sueño casi inalcanzable.

En la actualidad esta especie, el bambú, a nivel latinoamericano, tiene un trato preferencial por los innumerables usos dados y por los que se seguirán incorporando; pues, además del uso ancestral en la construcción, se le está empleando abundantemente en la elaboración de muebles, artesanías, obtención de celulosa para papel y para la elaboración del alcohol etílico y almidón. Es por eso que en Táchira se evidencia la necesidad de incorporar el recurso forestal a los programas de desarrollo social, con el objeto de contribuir a diversificar la estructura productiva, generar empleos, sustituir importaciones y mejorar los mecanismos de protección y conservación de los recursos.

Ya los avances se hacen presentes, y la cooperativa Bambusa en el estado Táchira es una asociación que actualmente está dedicada a la realización de estudios y actividades económicas basadas en la utilización de la Guadua así como otros recursos naturales localmente disponibles, apoyando la nueva visión donde la actividad agrícola está llamada a cumplir un importante papel en la implementación de sistemas de producción alternativos mediante el manejo eficiente de los recursos naturales, la obtención de materia prima alternativa para el desarrollo de diversas actividades económicas con responsabilidad social y una considerable disminución del impacto ambiental apoyando a las comunidades rurales y urbanas, en la búsqueda del desarrollo de una agricultura sostenible: ecológicamente apropiada, económicamente viable, socialmente justa, humana y adaptable, que permita elevar los niveles de vida de la población en general y reducir en la medida de lo posibles los efectos de la degradación ambiental.

A su vez organizaciones como Bambú-Venezuela son pioneras en el manejo sostenible del bambú en el país, comercializando los tallos y aprovechando los bosques; liderando proyectos que están dirigidos a generar beneficios económicos y ambientales en predios cuyos propietarios se muestren interesados y comprometidos con la conservación ambiental, por otra parte ofrecen a la venta el material listo para ser utilizado en construcción, decoraciones, elaboración de muebles, jardinería, agro y muchos más. Para su complemento dictan cursos y talleres para la construcción con bambú que van desde el curado hasta el proceso final enfocados a empresas constructoras, estudiantes y público en general.

Sin dejar de mencionar acuerdos como el proyecto bambú. Este proyecto se enmarca en un programa de cooperación e intercambio cultural y educativo entre los gobiernos de la República Bolivariana de Venezuela y la República Popular China, publicado en Gaceta Oficial No. 38.441, de fecha 22 de mayo de 2006; dirigido a fortalecer las capacidades de las comunidades rurales y de artesanos, así como

técnicos, en aspectos pertinentes a la reproducción, cultivo, aprovechamiento, procesamiento y uso del bambú y otras gramíneas relacionadas con esta especie, mediante la aplicación de tecnologías que garanticen el manejo sustentable del recurso, este importante programa de formación e intercambio de conocimientos, a la vez, permitirá mejorar la calidad de vida de las colectividades, que conocen y utilizan el bambú, logrando el desarrollo local y el mejoramiento social a partir de una actividad agrícola y artesanal, en los que participan los estados Sucre, Monagas, Yaracuy y Mérida teniendo este ultimo un gran protagonismo en cuanto al tema se refiere contribuyendo desde hace algunos años con la reproducción y siembra de la especie.

En Ciudad Bolívar y fundamentado en una investigación realizada en el jardín botánico suministrada por los licenciados Oscar Acosta y Aida Velázquez la especie bambú Guadua no existe ni ha sido trabajada en nuestra ciudad, además informaron que el año 99 fueron dotados con la ejemplares la cual no fue reproducida producto del mal manejo del recinto, a lo cual he realizado una propuesta fundamentado en mi material de tesis con la finalidad de incorporar la gramínea a los espacios del jardín y se le dé el valor que requiere.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Analizar el uso de la especie de bambú Guadua, como alternativa sustentable para la construcción de viviendas en Venezuela

1.2.2 Objetivos específicos

1. Describir las características de la especie del Bambú Guadua en la construcción de viviendas

2. Identificar los diferentes usos del Bambú Guadua en la construcción de viviendas.

3. Analizar las condiciones actuales y los avances en la construcción con Bambú Guadua.

4. Comparar la construcción con Bambú Guadua y la construcción convencional.

5. Proponer incorporar el Bambú Guadua en el proceso de los usos sustentables en la construcción de viviendas.

1.3 Justificación de la investigación

El objeto central de la investigación se dirige al estudio del bambú de la especie guadua como material en la construcción, el cual se considera, pueda contribuir al desarrollo sustentable en Venezuela por las características particulares que presenta este dinosaurio vegetal como lo es el ser más liviano que el acero, pero cinco veces más fuerte que el concreto. De acuerdo con las últimas tendencias arquitectónicas e ingenieriles las construcciones con esa planta garantizan resistencia, liviandad y capacidad de ahorro de energía, además su relación peso-resistencia es tal, que sólo es comparable con la obtenida por las aleaciones de metales de la era espacial.

El bambú tiene una resistencia a la tracción de 40 Kp/mm2, superior a la de la madera (5 Kp/mm2) y a la del acero de construcción (37 Kp/mm2). Conjuntamente ligado a estas extraordinarias características se tiene que un bosque de bambú se regenera cada 5 años sin necesidad de replantarlo, lo que lo hace altamente sustentable como materia prima de la construcción, al contrario de especies como el Cedro (20 a 25 años) y el Roble (75 a 80 años).

La investigación que se realizará busca una alternativa que logre introducir al mercado de la construcción, alternativas sustentables y ecológicas que permitan formar una simbiosis entre las necesidades que requiere el hombre y el respeto al medio ambiente.

1.4 Alcance de la investigación

En la investigación se pretende estudiar los beneficios que se obtienen con la utilización del bambú, en la especie guadua, en experiencias reales comprobadas y aplicadas por especialistas en la materia, de tal manera que funcione de guía para el manejo y puesta en práctica en Venezuela y de ser posible concretamente en Ciudad Bolívar. Esta situación genera un alcance investigativo pues actualmente esta técnica está causando gran revuelo y demanda, lo que se traduce en mayor información cada vez más actualizada y pruebas e informe que revelan la verdadera factibilidad de la construcción con bambú.

Por otra parte la empresa Zuarq experta en el diseño y elaboración de viviendas con estas características se ha ofrecido a facilitar a los investigadores información en función al trabajo de grado.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área

El estado Táchira, se ubica al occidente y suroeste de Venezuela, en la región de Los Andes. Es el segundo estado más alto luego del estado Mérida, con el que comparte frontera al Este y Norte, las demás fronteras del estado son: Norte: Zulia, Sur: Colombia y Apure, este Barinas. Su territorio ocupa una superficie de 11.100 km², un área similar a la de la isla de Jamaica.

Atravesada por la extensión de la cordillera de los Andes de sur a noroeste, la misma divide al estado en tres regiones diferenciadas y con clima particular:

Circuito de la montaña; en esta región se encuentran los principales asentamientos urbanos del estado, el clima es Templado de Altura en la mayor parte de la región y de páramo de altura, en las elevaciones superiores a los 3.000 msnm. Con leves variaciones a lo largo del año, presenta una clara época de lluvias de mayo a octubre. La orografía es accidentada e influida por el curso de numerosos ríos y quebradas que forman valles en la base de las montañas, como ejemplo la ciudad capital está asentada sobre el valle del río Torbes. Esta zona representa la mayor parte de la superficie del estado.

Las principales cumbres son:

- El Púlpito: 3.912 msnm
- Páramo del Batallón: 3.507 msnm
- El Tamá: 3.450 msnm
- Páramo de La Negra: 3.450 msnm
- Páramo El Zumbador: 2.850 msnm

Las principales ciudades ubicadas en esta zona son: San Cristóbal, La Grita, Michelena, Rubio, San Antonio del Táchira, Táriba.

Circuito panamericano: esta zona está ubicada principalmente al norte del estado, comparte las características climáticas de la región sur del lago (de Maracaibo), con un clima Tropical de Selva, altas pluviosidades y elevadas temperaturas. Esta región es uno de los principales centros de producción ganadera de Venezuela. Está en la frontera de los estados Zulia y Mérida. Las principales poblaciones de esta región son: La Fría, La Tendida, Coloncito.

Región llanera: una pequeña parte del los llanos venezolanos se encuentran brevemente al sureste del estado Táchira, en la frontera con los estados Apure y Barinas, el clima es Tropical de Sabana, con menor humedad que en la zona panamericana, es también una región de alta producción ganadera. Principales poblaciones son: La Pedrera, El Piñal, Abejales. (Figura 2.1).

Figura 2.1 Estado Táchira (Internet, 2010).

2.2 Acceso al área

La ubicación de las plantaciones de Guadua se han realizado en el Municipio Junín que es uno de los veintinueve municipios que forman parte del Estado Táchira ubicado en la zona Sur-Occidental, su capital Rubio se encuentra a una distancia de: San Cristóbal 21 km, Maracaibo 458, Mérida 284 , Caracas 837 km, Valencia 679, Barquisimeto 556 , Maracay 728 km, San Antonio 25 km, Puerto Cabello 732, Puerto Santander (Colombia) 90 y Cuenta (Colombia) 43 km. Y la Fría capital del Municipio García de Hevia ubicado al Noreste del Estado Táchira, se encuentra a una distancia de San Cristóbal de 74 Km., Maracaibo 363 Km., Mérida 189 Km., Caracas 890 Km., Valencia 732 Km., Barquisimeto 609 Km., Maracay 781 Km., San Antonio 122 Km., Puerto Cabello 785 Km., Puerto Santander (Colombia) 28 Km. y Cúcuta (Colombia) 75 Km. (Figura 2.2).

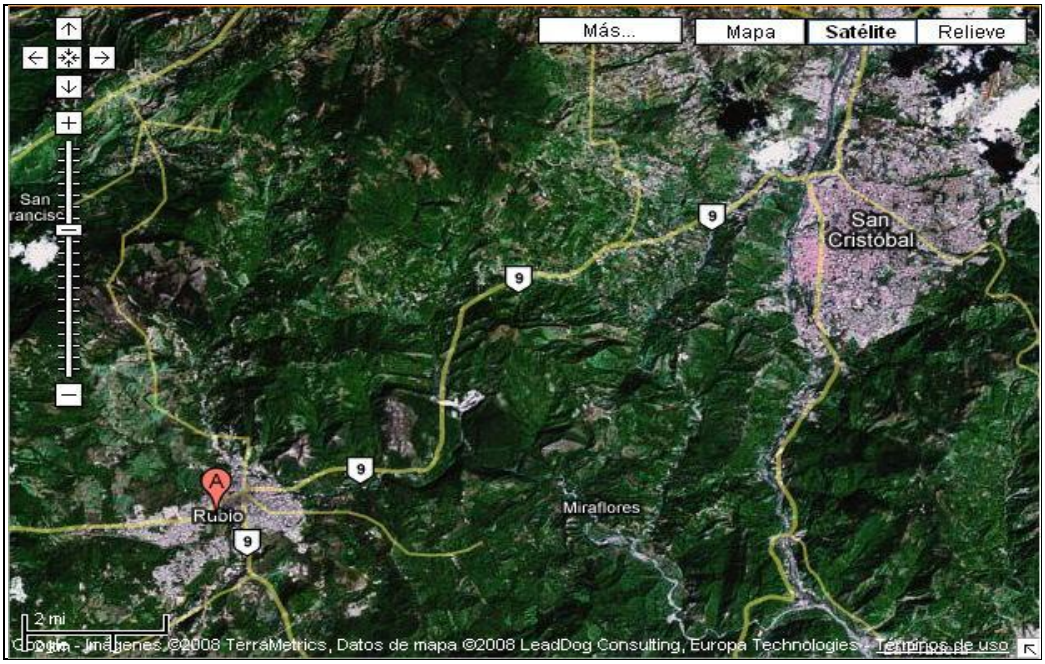


Figura 2.2 Mapa de ubicación del área de acceso al municipio Junín zona de siembra (Internet, 2010)

2.3 Características físicas y naturales

2.3.1 Geología

Su historia geológica está íntimamente ligada a la región de los Andes, remontándose a una de las cadenas precámbricas más antiguas del mundo, de aproximadamente 660 millones de años. Como consecuencia de movimientos orogénicos, suscitados desde el precámbrico hasta el terciario, se produjeron fallas importantes (Bramón, El Zumbador, prolongaciones de la falla de Boconó), levantamientos, hundimientos, fosas, de todo lo cual le confirió la expresión topográfica actual que lo caracteriza.

2.3.2 Relieve

Está conformado por tres tipos de paisajes: Montaña, caracterizado por una topografía escarpada e irregular, el cual ocupa el 65% de la superficie del Estado; Piedemonte, de configuración menos accidentada y de transición, que abarca el 15%; y la Planicie Aluvial, con pendiente imperceptible, que constituye el 20 %.

2.3.3 Clima

Existe en el Estado una diversidad de climas que han influido en el desarrollo de la vegetación y en la variedad de los suelos, que en conjunto condicionan el desarrollo poblacional, las costumbres y, sobre todo, su carácter eminentemente agropecuario.

Según el Sistema de Clasificación de Koeppen, se reconocen tres tipos principales de climas: Tropical, Tropical de Altura y de Alta Montaña. La diferencia fundamental entre climas y su régimen es consecuencia de la presencia de la

Cordillera de los Andes, que actúa como barrera orográfica entre la vertiente llanera, en donde predomina la acción de las calmas ecuatoriales, y la vertiente lacustre, medio de acción de los alisios del Noreste.

Es importante destacar el régimen unimodal de lluvias en la vertiente llanera, con rangos que varían entre los 1.100 mm. en la Depresión del Táchira y 4.000 mm. en la cuenca media del río Uribante; el régimen bimodal característico de la vertiente lacustrina presenta variaciones entre los 750 mm, en los "bolsones secos" de San Antonio y La Grita, y los 2.700 mm en el eje La Fría – Estación Táchira, sitio de enquistamiento de los alisios entre la cordillera andina y la Sierra de Perijá.

Las temperaturas están estrechamente relacionadas con la orientación y características de la topografía. Bajo los 1.600 m.s.n.m., las temperaturas varían entre los 24 °C y 28 °C; entre 1.600 y 3.000 m.s.n.m., temperaturas medias de 18 °C; por encima de los 3.000 m.s.n.m., temperaturas medias inferiores a los 11 °C.

2.3.4 Suelos

Existe una gran variedad de suelos como consecuencia de la diversidad climática, topográfica y litológica, que a grandes rasgos se pueden resumir en suelos de planicie y de montaña. Los primeros son de origen aluvial, localizados al norte y sur de la entidad; se caracterizan por poseer alto contenido de nutrientes y son renovados por el constante desborde y acumulación de algunos importantes cursos de agua, pudiéndose catalogar como suelos que varían de bien a mal drenados. En los de montaña, ubicados en los sectores de mayor pendiente, existe fuerte intervención antrópica y se han generado procesos erosivos (p.ej.cárcavas de San José y La Machirí), no siendo así en los valles intramontanos, donde los suelos de origen coluvio–aluvial presentan características de mayor fertilidad y de intensivo uso

agropecuario. Una condición edáfica resaltante lo constituye el carácter generalmente ácido de estos suelos.

2.3.5 Precipitaciones

Se distingue una temporada de lluvia y una de sequía, los meses de mayor precipitación son mayo y junio, así como también octubre y noviembre. La época de sequía se encuentra en los meses de enero y abril.

2.3.6 Hidrografía

En el Estado Táchira se encuentran comunidades que oscilan entre el bosque tropical muy seco de los valles bajos del sector San Antonio-Ureña, hasta el páramo pluvial subalpino en el área del Páramo El Batallón. Tanto en el norte como en el sur se encuentran bosques tropicales húmedos y muy húmedos. En las zonas bajas de la depresión del Táchira, en la cuenca media del Río Uribante y en la zona aledaña al piedemonte andino lacustre, se encuentran bosques secos y húmedos tropicales, así como secos y húmedos premontanos. En las montañas altas ubicamos el bosque húmedo montano bajo. En el piedemonte norte, entre La Fría y La Tendida, y en el paisaje de colinas del piedemonte sureste, se encuentran zonas extensas de bosque tropical húmedo.

2.3.7 Vegetación

En el Estado Táchira se encuentran comunidades que oscilan entre el bosque tropical muy seco de los valles bajos del sector San Antonio-Ureña, hasta el páramo pluvial subalpino en el área del Páramo El Batallón. Tanto en el norte como en el sur se encuentran bosques tropicales húmedos y muy húmedos. En las zonas bajas de la depresión del Táchira, en la cuenca media del Río Uribante y en la zona aledaña al

piedemonte andino lacustre, se encuentran bosques secos y húmedos tropicales, así como secos y húmedos premontanos. En las montañas altas ubicamos el bosque húmedo montano bajo. En el piedemonte norte, entre La Fría y La Tendida, y en el paisaje de colinas del piedemonte sureste, se encuentran zonas extensas de bosque tropical húmedo.

CAPÍTULO III
MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

En Asia el bambú representa un recurso muy importante para la economía de varios países; de los 10 millones de toneladas que se producen anualmente en el mundo, la mayor parte se producen en esa región. Solamente en China se estima que el crecimiento de los bosques de bambú, anualmente es de 3.5 millones de toneladas (Sharma, 1980).

Su utilización cubre un rango muy amplio de aplicaciones como son: artesanías y pulpa para papel; en la India 80 de sus fábricas de papel dependen casi totalmente del bambú. Filipinas utiliza el 80% de sus recursos de bambú en la construcción y en aplicaciones rurales, y en muchas partes del mundo los brotes de algunas especies se utilizan como alimento humano.

El uso del bambú en la construcción, principalmente de vivienda es muy amplio en algunos países del continente americano. En países como Colombia y Costa Rica se llevan a cabo programas de investigación y desarrollo de viviendas con este material. Su aplicación se realiza de maneras muy diferentes, desde la construcción de armaduras para cubiertas con las cañas de bambú completas cortadas solamente a la longitud requerida por diseño, hasta las cañas cortadas en tiras para fabricar paneles para muros de viviendas, sobre los cuales se coloca una capa de mortero para cerrar los muros (Hidalgo, 1978).

Costa Rica cuenta desde 1996 con un Centro de Investigación y Tecnología Aplicada al Bambú que tiene como objetivo a investigación, la capacitación y la promoción del uso e industrialización del bambú. Este centro tiene como antecedente el proyecto nacional del bambú que tenía como propósito principal satisfacer la demanda de vivienda en el medio rural de bajos ingresos utilizando un material diferente como es el bambú.

En los bosques naturales de bambú en la India, en general, se llegan a tener rendimientos de 2.5 a 4.0 ton/ha, y con un manejo forestal conveniente su producción se eleva hasta 6.0 a 7.5 ton/ha. Centrándonos en una revisión de la información disponible acerca del bambú como material para la construcción se le observan cualidades muy interesantes, principalmente sus propiedades mecánicas, las que superan a varios de los materiales comunes de la construcción.

Revisando los valores de resistencia, se observa que el bambú tiene propiedades mecánicas muy altas con relación a la madera y aún con el concreto. Esto le da un potencial estructural excelente que poco se explota en el mundo, excepto por algunos países que tienen larga tradición en su uso como son India, Malasia, China, y apenas hace pocos años en el continente americano: en Colombia y Costa Rica se han iniciado estudios de gran alcance para utilizar sus recursos de bambú para satisfacer necesidades de vivienda así como de estructuras para otros fines. (www.guaduaybambu.com).

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Desarrollo sostenible o sustentable

El término desarrollo sostenible, perdurable o sustentable se aplica al desarrollo socio-económico y fue formalizado por primera vez en el documento conocido como Informe Brundtland (1987), fruto de los trabajos de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, creada en Asamblea de las Naciones Unidas en 1983.

El ámbito del desarrollo sostenible puede dividirse conceptualmente en tres partes: ambiental, económica y social. Se considera el aspecto social por la relación entre el bienestar social con el medio ambiente y la bonanza económica. El triple resultado es un conjunto de indicadores de desempeño de una organización en las tres áreas.

Deben satisfacerse las necesidades de la sociedad como alimentación, ropa, vivienda y trabajo, pues si la pobreza es habitual, el mundo estará encaminado a catástrofes de varios tipos, incluidas las ecológicas. Asimismo, el desarrollo y el bienestar social, están limitados por el nivel tecnológico, los recursos del medio ambiente y la capacidad del medio ambiente para absorber los efectos de la actividad humana.

Ante esta situación, se plantea la posibilidad de mejorar la tecnología y la organización social de forma que el medio ambiente pueda recuperarse al mismo ritmo que es afectado por la actividad humana.

3.2.2 Desarrollo económico y social respetuoso con el medio ambiente

El objetivo del desarrollo sostenible es definir proyectos viables y reconciliar los aspectos económico, social, y ambiental de las actividades humanas; "tres pilares" que deben tenerse en cuenta por parte de las comunidades, tanto empresas como personas:

1) Económico: funcionamiento financiero "clásico", pero también capacidad para contribuir al desarrollo económico en el ámbito de creación de empresas de todos los niveles.

2) Social: consecuencias sociales de la actividad de la empresa en todos los niveles: los trabajadores (condiciones de trabajo, nivel salarial, etc), los proveedores, los clientes, las comunidades locales y la sociedad en general, necesidades humanas básicas.

3) Ambiental: compatibilidad entre la actividad social de la empresa y la preservación de la biodiversidad y de los ecosistemas. Incluye un análisis de los impactos del desarrollo social de las empresas y de sus productos en términos de flujos, consumo de recursos difícil o lentamente renovables, así como en términos de generación de residuos y emisiones. Este último pilar es necesario para que los otros dos sean estables

3.2.3 Material Sostenible

Hoy, la construcción y los materiales para la vivienda de manera directa e indirecta están incrementando el calentamiento global en un 35 por ciento (caso de la producción de aluminio, acero, vidrio, cemento, cerámicos, etc.). Además de consumir energía en su producción, generan desechos en el aire y en el agua y

escombros de concreto. Al trabajar con materiales naturales, vivos o reciclados se disminuye el gasto energético, se frena la producción de CO2.

En lo que respecta a los materiales, decimos que su grado de sustentabilidad está relacionado con la zona de construcción. Es necesario conocer los recursos naturales de cada lugar y la medida en que estos se pueden renovar.

Aunque hay algunos materiales que globalmente se pueden catalogar como ecológicos, por su relación con productos naturales de amplia existencia. Como el adobe, las cañas de bambú, la tierra, los ladrillos de barro cocido, el ferrocemento, la construcción con cal y el cemento puzolánico.

3.2.4 Bioconstrucción

La bioconstrucción trata de relacionar de un modo armónico las aplicaciones tecnológicas, los aspectos funcionales y estéticos, y la vinculación con el entorno natural o urbano de la vivienda, con el objetivo de lograr hábitats que respondan a las necesidades humanas en condiciones saludables, sostenibles e integradoras.

La biología de la construcción contempla la casa como un organismo, como la extensión y el reflejo de nuestras funciones vitales, funciones vitales que han de poder sostener y favorecer una vida anímica autónoma que a su vez se vierta en la renovación y evolución de le actividad creadora humana.

3.2.5 Construcción Bioclimática

La construcción bioclimática se asienta en la racionalidad, en tanto en cuanto contempla el aprovechamiento de las condiciones naturales sin menoscabo de su sostenibilidad, aplica el conocimiento científico y los avances tecnológicos en términos de ahorro energético, reciclaje y disminución de residuos, optimiza el rendimiento de sistemas constructivos tradicionales, e incluye el aspecto, tanto exterior como interior, entre los factores determinantes de la habitabilidad de una casa.

Además de las características antes mencionadas, resulta inevitable afrontar todo lo concerniente al proceso de financiación de una vivienda, o de su construcción. También desde esta perspectiva es urgente promover nuevos modos de relación con la idea de la propiedad, a partir de los cuales generar instrumentos financieros que hagan posible el acceso a una casa saludable sin tener que pagar el precio personal, social y económico que las condiciones actuales nos imponen.

3.2.6 El bambú en la construcción

El bambú es un versátil material de origen vegetal, cuya utilidad potencial puede ser sometida al servicio del humilde lo mismo que del poderoso. En su adaptabilidad a las necesidades humanas admite escasos parecidos en el reino de los vegetales. En Occidente, lo mismo que en el Oriente, los pueblos en cuyo ambiente constituye el bambú un rasgo natural han demostrado ampliamente el derecho de esta planta a ocupar un lugar preferente en su vida cotidiana.

Es un material estructuralmente eficiente con una excelente ratio peso-resistencia, que se usa en un amplio abanico de aplicaciones estructurales. Su uso primario es en la construcción de viviendas y en el andamiaje de rascacielos, a pesar

de la falta de códigos de construcción internacionales. Con el reconocimiento debido y los códigos pertinentes, el bambú puede usarse más y con mayor seguridad en la construcción.

El uso del bambú como material de construcción, ya sea primario, secundario, u ocasional esa común en las áreas donde el bambú adecuado crece en suficiente cantidad. La importancia del bambú en cualquier región dada el está determinada habitualmente por el nivel económico de la gente común por el puesto de otros materiales más durables. La solidez estructural. Adecuada a las exigencias de las condiciones locales, se consigue comúnmente con el bambú, pero por lo común una monotonía general en el diseño y un nivel mediocre de ejecución caracterizan las casas de bambú en muchas regiones. En ciertas áreas culturales, sin embargo, y especialmente en niveles económicos muy altos, como entre las partes cultas del Japón, Java y Malasia, el bambú es empleado arquitectónicamente en formas que son distintivas y básicamente artísticas. Cohen, indirectamente, alude a este reconocimiento de las virtudes especiales del bambú; “El poste principal en una casa japonesa, caracteriza la casa en cuanto se considere la calidad y construcción. Los elementos estructurales del tejado son fijados al poste, y permite que una casa adecuadamente construida se mantenga en pie pese a los temblores de tierra y las operaciones. El autor ha visto muchas casas en las que el poste principal es un bambú fornido o donde añade carácter a un poste de madera revistiéndolo con bambú.

El bambú tiene las siguientes características que hacen de él un material conveniente y económico para la construcción de la vivienda tanto como para los andamiajes que facilitan la construcción:

1) Las unidades naturales, varas o cañas de bambú como se las llama, son de medidas y formas que las hacen manuables, almacenables y sistematizables, en forma conveniente y económica.

2) Las cañas tienen una estructura física característica que les proporciona alta resistencia con relación a su peso. Son redondas o casi redondas en su sección transversal, ordinariamente huecas, y con tabiques transversales rígidos, estratégicamente colocados para evitar la ruptura al curvarse. Dentro de las concentrados en la superficie externa. En esta posición pueden actuar más eficientemente, proporcionándole resistencia mecánica y formando un firme y resistente caparazón.

3) La substancia y la textura de las cañas hace fácil la división a mano en piezas cortas (aserrándolas o cortándolas), o en tiras angostas (hendiéndolas). No se necesitan máquinas costosas, sino sólo herramientas simples.

4) La superficie natural de muchos bambúes es limpia, dura y lisa, con un color atractivo, cuando las cañas han sido convenientemente almacenadas y maduradas.

5) Los bambúes tienen poco desperdicio y ninguna corteza que eliminar.

3.2.7 Ventajas y desventajas del uso del bambú en la construcción

Las ventajas son las siguientes:

1) El bambú guadua está dotado de extraordinarias características físicas que permiten su empleo en todo tipo de miembros estructurales (vigas, columnas, otros).

2) Su forma circular y su sección hueca lo hacen un material liviano, fácil de transportar y de almacenar, lo que permite la construcción rápida de estructuras temporales o permanentes.

3) En cada uno de los nudos del bambú hay un tabique o pared transversal que además de hacerlo más rígido y elástico evita su ruptura al curvarse; por esta característica es un material apropiado para construcciones anti-sísmicas.

4) La constitución de las fibras de las paredes del bambú permite que pueda ser cortado transversal o longitudinalmente en piezas de cualquier longitud, empleando herramientas manuales sencillas como el machete.

5) La superficie natural del bambú es lisa, limpia, de color atractivo y no requiere ser pintada, raspada o pulida.

6) Los bambúes no tienen corteza o partes que puedan considerarse como desperdicio.

7) Además de usarse como elemento estructural el bambú puede usarse para otras funciones en la construcción. Tales como tuberías para el transporte de agua y en pequeñas secciones para drenaje.

8) El bambú puede emplearse en combinación con todo tipo de materiales de construcción como elementos de refuerzo.

9) Del bambú pueden obtenerse diversos materiales para enchapes tales como esteras, paneles contrachapados, otros.

10) El bambú continúa siendo el material de construcción de más bajo precio.

Las desventajas:

1) El bambú en contacto permanente con la humedad del suelo presenta pudrición y aumenta el ataque de termitas y otros insectos; por ello no deben utilizarse como cimiento por enterramiento a menos que se trate previamente.

2) El bambú una vez cortado es atacado por insectos como Dinoderus Minutus que construye grandes galerías en su pared debilitándolo. Por ello, una vez cortado debe someterse inmediatamente a tratamientos de curado y secado.

3) El bambú es un material altamente combustible cuando está seco; por ello debe recubrirse con una sustancia o material a prueba de fuego.

4) El bambú cuando envejece pierde su resistencia si no se trata apropiadamente.

5) El bambú no tiene diámetro igual en toda su longitud, tampoco es constante el espesor de la pared por lo que algunas veces presentan dificultades en la construcción.

6) El bambú al secarse se contrae y se reduce su diámetro; esto tiene implicaciones en la construcción.

7) Las uniones de miembros estructurales no pueden hacerse a base de empalmes, como en la madera, lo que implica dificultades como material de construcción.

8) El bambú por su tendencia a rajarse no debe clavarse con puntillas o clavos que generalmente se emplean en la madera.

Muchas de las desventajas anotadas anteriormente pueden ser superadas con la aplicación de preservantes apropiados, con un diseño estructural apropiado y siguiendo las normas apropiadas para la preparación y combinación con otros materiales de construcción.

3.3 Bases legales

3.3.1 Desarrollo sustentable según la Constitución Bolivariana de Venezuela

En su Constitución de 1999, La República Bolivariana de Venezuela se compromete a propiciar un desarrollo sustentable (Art. 128, 310 y 326) y en la Ley Orgánica del Ambiente (Gaceta Oficial Nº 5.833, 22-12- 2006) se define el desarrollo sustentable como un "proceso de cambio continuo y equitativo para lograr el máximo bienestar social, mediante el cual se procura el desarrollo integral, con fundamento en medidas apropiadas para la conservación de los recursos naturales y el equilibrio ecológico, satisfaciendo las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las generaciones futuras".

Han existido algunas iniciativas que en la búsqueda por promover un desarrollo más sostenible han logrado buenos e interesantes resultados, tanto a nivel de políticas públicas como de proyectos, participando en el diseño y ejecución de dichas acciones instituciones de gobierno (regional, nacional y local) organizaciones no gubernamentales, universidades y empresas privadas de varios sectores de la economía.

Sin embargo, esto no ha sido suficiente para avanzar de manera decisiva hacia el desarrollo sostenible en Venezuela. Por tanto, hoy sigue siendo necesario impulsar la discusión y un rico intercambio que nos ayude a promover el mejor y más

armónico desarrollo para el país en todas las dimensiones, social, ambiental y económico.

A este respecto, la discusión académica y a nivel de las organizaciones sociales puede ofrecer una ventana contribuyendo a convertir referencias teóricas en experiencias prácticas útiles y viceversa, para el país. Comprometida con esta visión y como una estrategia para la promoción del conocimiento y la acción en torno al desarrollo sustentable, Fundación Tierra Viva ha creado este portal de desarrollo sustentable para el acopio de información, opinión y experiencias de instituciones públicas, privadas y de la sociedad civil de Venezuela, así como de otros países que enfrentan retos similares.

CAPÍTULO IV
METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Nivel de Investigación

Según Sabino (1999) "El nivel de investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda un objeto o fenómeno". (p.19).

La investigación a realizar es de tipo DESCRIPTIVO. Según Tamayo (2007), la investigación descriptiva:

> "Comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o proceso de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre como una persona, grupo o cosa se conduce o funciona en el presente". (p. 46).

Esta investigación según lo expuesto será descriptiva debido que se hará referencia a los fenómenos que conforman el problema, se identificaran las relaciones que existen entre las variables del estudio en referencia bajo un sustento teórico ya establecido. Sera tipo descriptiva puesto que se hará una descripción de la situación mediante: registros, análisis e interpretación de los datos recolectados del bambú, principalmente en las zonas donde se aplica esta técnica constructiva.

4.2 Diseño de la Investigación

Según Sabino (1999) “El diseño de investigación es la estrategia que adopta el investigador para responder al problema planteado” (p. 20).

En atención al diseño la investigación es DOCUMENTAL. Según el Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales (2006), la investigación documental comprende:

> “El estudio de problemas con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza, con apoyo, principalmente, en trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales o electrónicos”. (p.20).

La investigación se establecerá dentro del diseño documental, puesto que los datos para evaluar en cumplimiento con los objetivos se basara en propuestas empleadas por especialistas en la construcción con bambú guadua las cuales se manejaran basándose en la búsqueda, análisis e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales.

4.3 Población y muestra

Según Balestrini Acuña (2006), la población es “cualquier conjunto de elementos de los cuales pretendamos indagar y conocer sus características, o una de ellas, y para el cual serán válidas las conclusiones obtenidas en la investigación”. (p.66).

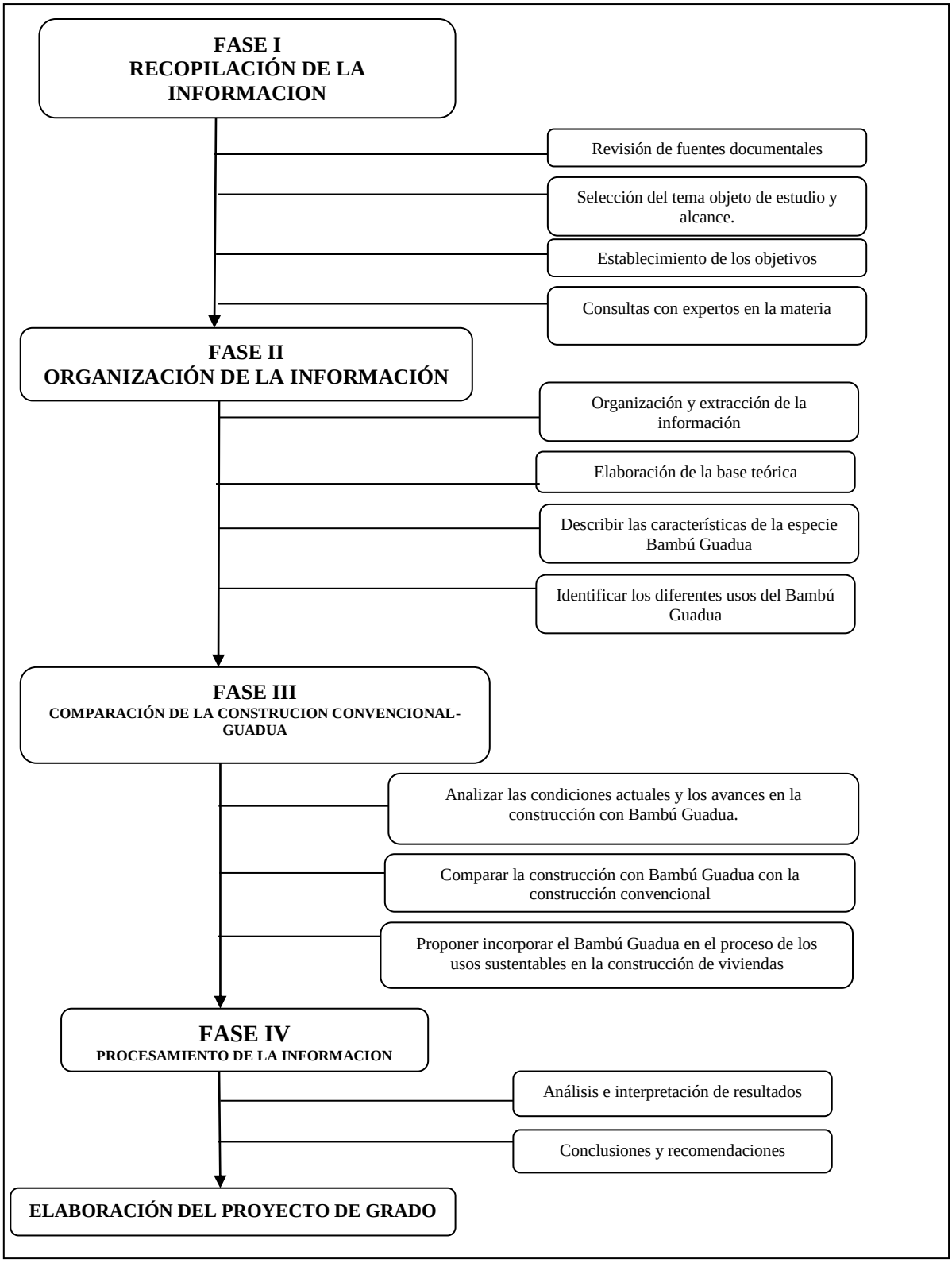
Según Hernández Sampieri (1997) “la muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población”. (p.170).

La población de estudio será Venezuela como país con características geográficas y climáticas específicas así como una realidad socio-económica particular mientras que la muestra serán las construcciones con bambú guadua, específicamente aquellos sitios donde este proceso constructivo funcione como desarrollo sustentable y solución de problema habitacional.

4.4 Flujograma de la metodología y descripción del flujograma

El desarrollo de la investigación se ha elaborado siguiendo un plan de trabajo constituido por 4 fases, como se muestra en la figura 4.1.

Figura 4.1 Flujograma de la Metodología



4.4.1 Fase I. Recopilación de la información

4.4.1.1 Revisión documental: esta etapa ha comprendido la búsqueda y consulta de diversas fuentes bibliográficas, artículos de prensa, revistas, tesis, trabajos de grado, páginas web, manuales, entre otros; para profundizar sobre la situación en objeto de estudio.

La consulta con expertos: a nivel internacional se conto con la ayuda de la arquitecta Carolina Zuluaga de Zuarq.Arquitectos Colombia, a nivel estadal Rodolfo Sandoval de la cooperativa Bambusa y a nivel regional con la licenciada Aida Velázquez del jardín botánico Bolívar

4.4.2 Fase II. Organización de la información

4.4.2.1 Organización y extracción de la información: luego de haber realizado la revisión de la información disponible y efectuada la selección de aquella donde se expone el tema en estudio: el análisis de la especie bambú Guadua como alternativa para la construcción de viviendas en Venezuela, se inició una minuciosa lectura del material escogido, analizando y evaluando éste para así cumplir con los propósitos de la investigación.

4.4.2.2 Elaboración de bases teóricas: partiendo de los antecedentes de investigación, se definió la perspectiva principal para abordar el tema de investigación. Se construyó un marco teórico en el cual se enmarca la importancia del desarrollo sustentable, las construcciones bioclimáticas y las ventajas y desventajas de la construcción con bambú Guadua.

4.4.2.3 Describir las características de la especie bambú Guadua: las descripciones fueron estrictamente seleccionadas para dar coincidencia a la hora de identificar sus diferentes usos; debido a que las partes de la guadua están directamente ligada a su funcionalidad.

4.4.3 Fase III. Comparación de la construcción convencional-Guadua y formulación de propuestas

4.4.3.1 Analizar las condiciones actuales y los avances en la construcción con bambú Guadua: se recopilaron todos los datos referentes a estudio, siembra, y utilización del bambú Guadua en el país, en lo cual se enmarca en orden cronológico de manera de identificar avances

4.4.3.2 Comparar la construcción con bambú Guadua con la construcción convencional: se enmarca en una tabla donde se puede distinguir los materiales principales, la mano de obra, equipos, paredes, cimientos, entrepisos, columnas y cubiertas

4.4.3.3 Proponer incorporar el bambú Guadua en el proceso de los usos sustentables en la construcción de viviendas: la importancia que el país aproveche los recursos y encamine proyectos que solucione problemas como los habitacionales a través de alternativas sustentables se plasman en esta parte del trabajo de grado con argumentos validos y rentables.

4.4.4 Fase IV. Procesamiento de la información

4.4.4.1 Interpretación de los resultados: teniendo clara la información teórica y luego de resuelto los ejercicios mencionados en la sección anterior, se analizan los resultados obtenidos.

4.4.4.2 Conclusiones y Recomendaciones: en esta sección, se presentan en forma resumida los resultados de la investigación, los análisis e interpretación de los datos obtenidos en el estudio; además, se plantean algunas recomendaciones que sirvan para el desarrollo de futuras investigaciones sobre el tema estudiado.

4.4.4.3 Redacción del Informe Final: siguiendo las indicaciones de formato dada por la comisión de tesis de grado, el informe final trabajo de investigación se llevó a cabo.

CAPÍTULO V
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Describir de las características de la especie bambú Guadua en la construcción de viviendas.

5.1.1 Origen y sistemática del Bambú Guadua

La caña guadua (*Guadua angustifolia* K.), también conocida como caña brava, caña macho o caña de Guayaquil es una especie vegetal originaria de América Latina, particularmente de la cuenca amazónica de Ecuador y Colombia. (SNV, 2003). Los bambúes son las gramíneas más grandes del mundo (Londoño, 2002).

La descripción taxonómica de la caña guadua se aprecia en la tabla 5.1.

Tabla 5.1 Clasificación Taxonómica de la especie Guadua angustifolia (Castaño y Moreno, 2004)

Reino	Vegetal
División	Spermatophyta
Subdivisión	Angiosperma
Clase	Monocotiledonea
Familia	Poaceae
Subfamilia	Bambusoidea
Tribu	Bambuseae
Subtribu	Guaduinae
Género	Guadua
Especie	Angustifolia Kunth 1822

Dentro de la especie Guadua angustifolia, se presentan dos variedades:

a) Guadua angustifolia var. bicolor, comúnmente conocida como “guadua rayada”, se distingue por sus culmos verdes con rayas amarillas en sus nudos.

b) *Guadua angustifolia* var. *nigra*, conocida como “guadua negra”, se caracteriza por sus culmos verdes con leves manchas negras.

Anteriormente se pensaba que las guaduas conocidas como “macana” y “cebolla” constituían variedades, sin embargo se estableció que son ecotipos o formas adaptadas a condiciones específicas de clima y suelo (Londoño, 2002).

Se conoce como guadua macana o macho a aquella que tiene culmos más gruesos y resistentes, menores diámetros y abundantes ramas basales. Guadua cebolla o hembra es aquella cuyos culmos son más delgados, tiene diámetros mayores y pocas ramas basales. (Figura 5.1).

Figura 5.1 Guadua macana
(Internet, 2010)

5.1.2 Características Morfológicas

La guadua en particular y los bambúes en general, están conformados por rizomas, culmos y ramas, además de hojas caulinares, follaje, inflorescencia y fruto (Castaño y Moreno, 2004). A continuación se describen dichas estructuras:

5.1.2.1 Rizoma: es un eje segmentado y subterráneo, que constituye la estructura de soporte de la planta y es responsable de la absorción de nutrientes. Consta de dos partes: el cuello y el rizoma en sí. El cuello es la parte superior del rizoma y carece de yemas. El rizoma en sí se caracteriza por presentar yemas y raíces adventicias. Las raíces adventicias se encuentran en la parte más baja del rizoma. Las yemas siempre están solas en los nudos, y una vez que la planta alcanza su longitud total, se activan y dan origen a nuevos rizomas.

El rizoma de la guadua es de tipo paquimorfo, con cuello alargado. Es corto, grueso y curvo, y tiene un diámetro mayor que el del culmo al cual da origen. (Figura 5.2)

Figura 5.2 Rizoma de *Guadua angustifolia K.*
(Internet, 2010)

5.1.2.2 Culmo: constituye el eje aéreo segmentado que emerge del rizoma. Es leñoso, recto, como se aprecia en la figura y ligeramente arqueado en la punta. A lo largo del culmo se distinguen dos partes importantes: nudos y entrenudos. (Figura5.3)

Figura 5.3 Culmo de *Guadua angustifolia* K
(Táchira, 2010)

Los nudos son áreas donde crecen ramas a partir de una yema nodal, en el interior del nudo se desarrolla un tabique transversal que interrumpe la cavidad denominada entrenudo, lo que lo convierte en la parte más resistente del culmo. Los entrenudos son cilindros huecos, cuya textura es dura y consistente. En la guadua se observa un incremento gradual en la longitud del entrenudo desde la base hasta la porción media del culmo, y posteriormente una reducción hacia el ápice.

En la tabla 5.2 se muestran los rangos generales de las dimensiones del culmo de Guadua angustifolia, entrenudos y grosor de pared; en condiciones ambientales apropiadas.

Tabla 5.2 Dimensiones del culmo de caña guadua

Factor	Rango general
Longitud total	15 – 30 m
Diámetro del culmo	10 – 20 cm
Longitud entrenudo	20 – 30 cm
Grosor de pared	2 – 5 cm

El culmo alcanza su altura máxima entre los cuatro y seis meses de edad, según las condiciones climáticas de la zona. Sin embargo, para adquirir su madurez fisiológica requiere de cinco años en promedio.

5.1.2.3 Yema*:* en el culmo, se ubica por encima de la línea nodal y en posición dística. Rompe su inactividad cuando el culmo completa el crecimiento apical. En el caso de la guadua hay una sola yema por nudo. (Figura 5.4).

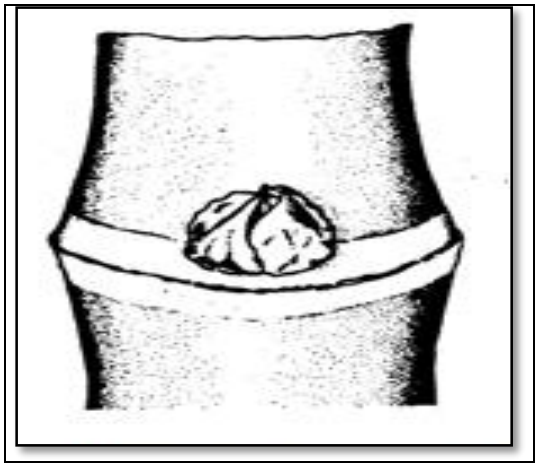


Figura 5.4 Nudo del tallo con la yema de las ramas (Internet, 2010)

5.1.2.4 Ramas: se originan de las yemas nodales del culmo y de acuerdo a su posición se clasifican en: basales y apicales. Las ramas basales (de la base), son espinas puntiagudas y duras. Las ramas apicales son delgadas y largas, y constan de una rama dominante y de una a tres ramas secundarias más delgadas. (Figura 5.5)

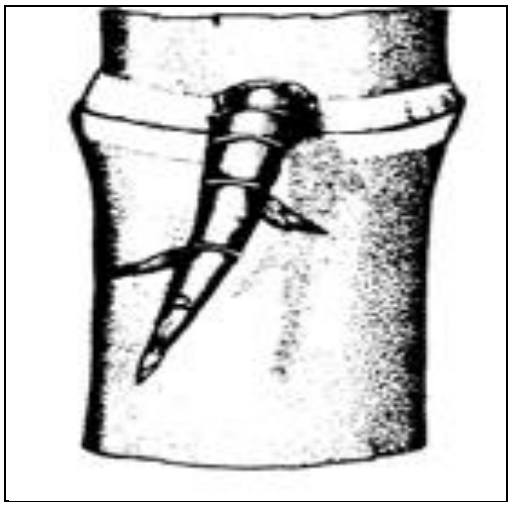


Figura 5.5 Brote de una rama espinosa en un nudo interior del tallo. (Internet, 2010)

5.1.2.5 Hojas caulinares**:** son hojas modificadas que se caracterizan por su fuerte consistencia coriácea, de forma triangular, y cuya función es proteger a las yemas, las cuales dan origen a las ramas y al follaje (Londoño, 2002). (Figura 5.6)

Figura 5.6 Hojas caulinares (Internet, 2010)

Se encuentran en el rizoma y en las ramificaciones donde existen nudos con yemas, y protegen el culmo durante sus primeros estadios de desarrollo. Su dimensión es variable según la edad y la parte de la planta donde se desarrollen. Son deciduas en el extremo superior y caducas.

5.1.2.6 Hojas ramales: también conocidas como hojas de follaje, crecen en el extremo superior del culmo, son simples, alternas y lanceoladas. Se componen de una vaina que rodea la rama, un pseudopeciolo y una lámina con pelos transparentes dispersos sobre el haz. Se disponen en dos hileras en las ramas. (Figura 5.7)

Figura 5.7 Hojas de follaje (Táchira, 2010)

5.1.2.7 Inflorescencia**:** es una panícula con flores imperfectas y pequeñas, de hasta 9 cm de longitud. Se encuentra ubicada en los extremos de las ramas. Son bisexuales y poco vistosas, de color rosado claro (Hidalgo, 1974). La floración de la caña guadua es de tipo esporádica y la duración de su ciclo de floración es irregular, se da en lapsos de dos meses aproximadamente. (Figura 5.8)

Figura 5.8 Inflorescencia de la caña guadua
(Internet, 2010)

5.1.2.8 Fruto: el fruto es del tipo cariópside, seco e indehiscente, y se encuentra en el primer tercio de la inflorescencia o espiga. Por lo regular los frutos son pocos y solitarios. La semilla se asemeja a un grano de arroz en su forma, tamaño y cubierta, es de coloración blanca en su interior y café claro en su exterior; sus dimensiones son de 5 a 8 mm de largo y 2 a 3 mm de grosor.

5.1.3 Fases de Desarrollo de la Guadua

La Guadua tiene fases de desarrollo básicas las cuales son:

5.1.3.1 Rebrote: entre los 0 – 6 meses de edad. Se considera como el primer individuo de la fase de desarrollo. Durante los primeros 30 días el crecimiento alcanza ratas de 4 – 6 cm en 24 horas, y el 60 % de éste se realiza en horas nocturnas, condición que obedece a la presencia de auxinas. Después de 90 cm el renuevo se estabiliza en un promedio de 9 – 11 cm de crecimiento en 24 horas; Se encuentra revestido completamente de hojas caulinares que varían según el sitio y las condiciones climáticas donde se desarrolla el renuevo. En los primeros 30 días de su crecimiento, se puede usar como alimento humano y también se puede aprovechar este tiempo para formaletearla con el fin de inducirle formas distintas a su sección con fines decorativos. (Figura 5.9)

Figura 5.9 Rebrote (Internet, 2010)

5.1.3.2 Guadua Joven ó viche: entre los 6 meses – 3 años de edad. Esta fase se inicia cuando las hojas caulinares de la parte apical del culmo comienzan a desprenderse, dando paso a las ramas primarias y consecutivamente a las secundarias.

Se usa en esta edad, debido a la poca dureza que posee por carecer de lignificación completa; se limita a la hechura de canastas, paneles tejidos y esterilla. Se reconoce puesto que posee un color verde intenso y lustroso, su superficie es limpia de musgo y nudos con bandas nodales de color blanquecino, donde además se encuentran las yemas. (Figura 5.10)

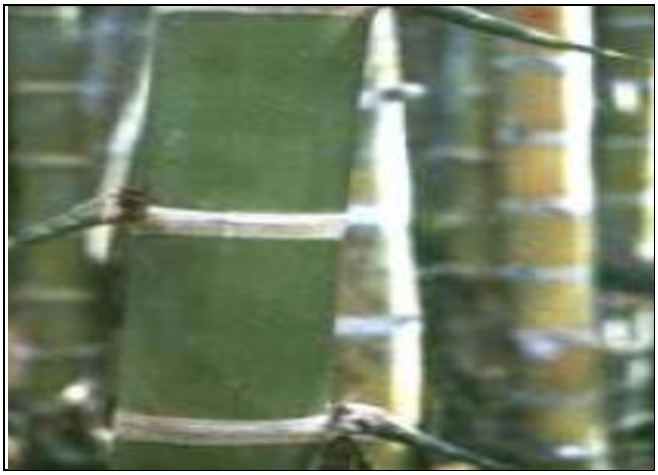


Figura 5.10 Guadua joven “viche”
(Internet, 2010)

5.1.3.3 Guadua madura ó sazonada: entre los 3 y 6 años de edad, en esta fase la Guadua alcanza su mayor resistencia y dureza; este es punto ideal para su uso en la construcción, también se hacen baldosas laminadas y tablillas para entrepiso laminado. Se caracteriza por la desaparición en el tallo del lustre en el entre nudo, color verde oscuro y la aparición de manchas de hongos color gris – claro, de forma redondeada a oblonga, con diámetros hasta de 3 cm sobre la superficie. (Figura 5.11).

Figura 5.11 Guadua madura “Hecha”
(Internet, 2010)

5.1.3.4 Guadua sobremadura: de los 6 años en adelante, esta es una Guadua que no fue aprovechada en su momento, deja de ser productiva y tiende a rajarse muy fácilmente, no resiste ni siquiera los clavos, ni golpes muy fuertes con el martillo, se reconoce porque pierde el color verde oscuro de la Guadua madura y en cambio toma un color naranja y no hay presencia de follaje lo cual indica fisiológicamente que es inactiva.(Figura 5.12)

Figura 5.12 Guadua seca (Internet, 2010)

5.1.4 Zonas de la sección transversal de la Guadua

Si se observa la sección transversal de una Guadua o de cualquier otro bambú, se pueden distinguir claramente dos zonas; una interna de color blanco y porosa y otra externa de color oscuro y compacta. La primera de ellas ocupa aproximadamente el 70% del espesor de la pared y la segunda el 30%.

Con la altitud uno encuentra las Guaduas más duras, así mismo con los suelos secos. La razón del aumento de la dureza es debido a las temperaturas por debajo de la media, dándose un crecimiento mas lento que favorece a que la porción de las fibras externas densas en relación con la sección transversal sea más alta y por eso los tallos delgados se encuentran mejor que los tallos gruesos en relación con la sección transversal.

La acumulación de fibras de alta resistencia en la zona externa hace que sea efectivo a las fuerzas de tracción, flexión y cortante, teniendo gran elasticidad. Igual que la madera, al aumentar la carga, se reduce el módulo de la elasticidad (5-10%). Para el cálculo en construcciónes se puede utilizar un módulo de elasticidad de 2.000 kN/cm². (Figura 5.13)

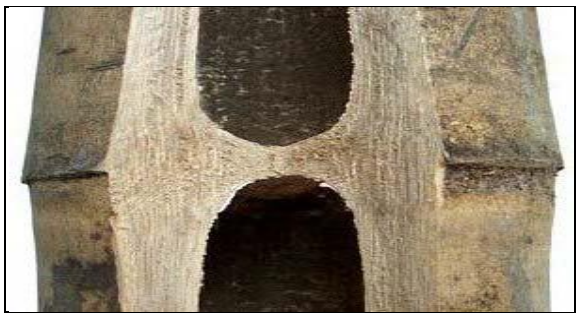


Figura 5.13 Sección de Guadua
(Internet, 2010)

5.1.5 Propiedades físicas y mecánicas de la Guadua

5.1.5.1 Propiedades físicas

A continuación se transcriben los datos encontrados en las obras de algunos investigadores.

Según el investigador Oscar Hidalgo López (1973), en la obra "Bambú su cultivo y aplicaciones en la fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería y artesanías", tenemos:

Resistencia a la tracción. La guadua en la zona de entrenudo posee una resistencia a la tracción máxima de 325 Mpa y una resistencia mínima de 183 Mpa, a su vez en la zona del nudo una resistencia a la tracción máxima de 348 Mpa y una resistencia mínima de 127Mpa; En la zona del entrenudo se tienen unos promedios máximos de resistencia de 264Mpa y en la de los nudos de 229 Mpa.

El modulo de elasticidad máxima a la tracción es de 31640 Mpa y el mínimo de 14062Mpa. (El termino tracción es empleado en algunas regiones del país en vez de tensión).

Resistencia a la compresión. La resistencia máxima a la compresión es de 86 Mpa y la mínima de 56 Mpa, además un módulo de elasticidad a la compresión máximo de 19900 Mpa y mínimo de 15187 Mpa.

Resistencia a la flexión. La resistencia máxima a la flexión es de 276 Mpa y la mínima de 76Mpa, además de un módulo de elasticidad a la flexión máximo de 22000 Mpa y mínimo de 10547 Mpa.

Resistencia de las fibras de la capa externa e interna de la pared del tallo. En la capa exterior se tiene una resistencia a la flexión de 253 Mpa y una resistencia a la tracción de 309 a 330 Mpa y en la capa interior una resistencia a la flexión de 95 Mpa y una resistencia a la tracción de 148 a 162 Mpa.

Según el investigador Julius Joseph Antonius Janssen, en la obra " Bamboo in building structures", del año 1981, el autor realiza una serie de ensayos sobre la especie bambusa blumeana de procedencia Filipina, con características similares a la guadua angustifolia, el investigador calculó unos coeficientes los cuales son multiplicados por el peso específico del material para hallar la resistencia del mismo, en nuestro caso la guadua posee un G=630 kg/m³.

Resistencia a la tracción última: la especie investigada posee una resistencia máxima a la tracción de 300 Mpa en estado seco y una resistencia mínima de 200Mpa en estado verde.

Resistencia a la compresión última: se obtuvo la relación 0.094*G=59.22Mpa para bambú en estado seco y 0.075*G = 47.3 Mpa para bambú en estado verde.

Resistencia a la flexión última: para Bambú en estado seco se obtuvo la relación 0.14*G=88.2 Mpa y para bambú en estado verde igual a 0.11*G=69.3Mpa.

Resistencia a cortante última: una vez realizados los ensayos sobre una gran cantidad de probetas de bambú con contenidos de humedad de 4, 9 y 12% se obtuvo la relación igual a 0.021*G =13.23 Mpa.

Según investigaciones realizadas por el "Instituto Alemán de Prueba de Materiales de Construcción Civil de Stuttgart", en noviembre de 1999, debido a que uno de los problemas actuales sobre las características físico-mecánica de la guadua es que la documentación de dichas investigaciones no se encuentra homologada, dicho instituto, partiendo de los estudios realizados para el pabellón ZERI de Colombia en ExpoHannover, en guadua variedad "macana" procedente de la zona cafetera obtuvo los siguientes resultados, aclarando que estos valores no corresponden a los límites sino a los de diseño:

1) Compresión. Sigma: 18 N/mm^2, Lamda: 0 , Módulo de Elasticidad: 18.400N/mm^2

2) Tensión. Sigma: 4 18 N/mm^2, Módulo de Elasticidad: 19.000 N/mm^2

3) Flexión: Sigma 18 N/mm^2, Módulo de Elasticidad: 17.900 N/mm^2

4) Cortante: Tau - sin cemento en el cañuto - 1.1 N/mm^2

5) Peso Específico: 790 Kg/m^3.

Y a manera comparativa - una varilla de hierro de 1 cm2 de sección - menos de ½" - resiste a la tracción 40 KN. (Kilo Newtons); una guadua con una sección de 12 cm2 resiste 216 KN. por ello se le denomina: "acero vegetal".

Recordemos que la guadua trabaja muy bien a la flexocompresión y a la tracción, en éste último el problema es como sujetarla eficientemente; trabaja muy mal a la flexión y al aplastamiento perpendicular a su longitud; por consiguiente las estructuras de guadua deben calcularse como barras articuladas en los empates; pues

en ninguno de éstos nudos puede considerarse como una estructura aporticada o un empotramiento.

5.1.5.2 Propiedades mecánicas

1. La guadua tiene un bajo módulo de elasticidad respecto a la flexión por lo cual su rigidez es baja.

2. Su elasticidad es alta por su aptitud para deformarse y recuperar su forma original.

3. Ductilidad alta por la propiedad que permite la deformación permanente antes de la fractura en tracción, medido en valores de porcentaje de alargamiento.

4. Tenacidad media por su capacidad de soportar una carga de impacto o de choque sin romperse.

5.1.6 Tratamientos de conservación

La guadua como la madera, una vez cortada se altera, se pudre, y finamente se reduce al polvo, por mala influencia de los agentes atmosféricos, los cambios de la humedad y la acción de organismos vegetales o animales. Debido a esto, el bambú se conserva tanto más cuanto se obtenga que todos estos elementos nocivos no se desarrollen y propaguen, y ello se logra sometiéndola a un tratamiento de conservación desde el momento del cortado hasta su utilización final en construcción o en artesanía; el cual consiste en la aplicación continua de una serie de cuidados y de tratamientos físicos y químicos como son:

1- Corte del tallado según su edad o grado de sazonamiento, lo cual determina la mayor o menor resistencia física del bambú como la mayor o menor dureza del mismo.

2- Curado del bambú.

3- Secado del bambú.

4. Tratamiento con preservativos contra hongos e insectos.

5- Tratamiento con resinas sintéticas, para el mejoramiento de sus propiedades físicas.

5.1.6.1 Corte del tallado según su edad o grado de sazonamiento

La preparación de la guadua se inicia con el corte apropiado del tallo teniendo en cuenta su edad o grado de sazonamiento, del cual depende tanto su resistencia física como su grado de dureza.

El tallo tiene un periodo de crecimiento de 4 a 6 años en promedio, los primeros 80 días el tallo no aumenta de altura y tiene un contenido de humedad del 95%. Al terminar su crecimiento, el tallo comienza a tomar un color amarillento donde ya ha completado su etapa de madurez, pero después de esto el tallo se torna blanco donde va perdiendo su grado de resistencia hasta secarse. El bambú de tres años se emplea en obras artesanales cuyo uso final requiere una mayor resistencia y cierto grado de manejabilidad, tales como esteras y fabricación de paneles contrachapeados.

La guadua de 3 a 6 años se emplea en elementos que requieren mayor resistencia a la flexión, tensión, compresión y desgaste, como en miembros estructurales y en la fabricación de cables para puentes. Esta teoría de que el bambú adquiere su máxima resistencia desde los 3 a 6 años de edad, ha sido comprobada experimentalmente en el Japón y en la India y en ella se basan tanto para utilizar el bambú en la construcción como para la elaboración de ciertas obras artesanales. Sin embargo Glenn en los ensayos físicos que realizó en diversas especies de bambú encontró que algunas especies aun no sazonadas tenían una resistencia igual o superior a las sazonadas (Gomez Z., Alexander; Gallego, Raúl. Trabajo académico la Guadua ó Bambú. Facultad de Ingeniería Civil. UniversidadNacional Sede Manizales. 2003).

- Normas para el corte

Se ha comprobado que la guadua no sazonada ó sea menor de tres años, una vez cortado es más propensa al ataque de los insectos que el sazonado; por ello es recomendable en cualquiera de los casos cortar el bambú en la época de invierno cuando los insectos se encuentran en hibernación. Los tallos deben cortarse a una altura entre 15 y 30 cm. sobre el nivel del suelo y en la zona localizada inmediatamente encima del nudo, en tal forma que el agua de las lluvias no se deposite en este, pudriéndolo, y pueda afectar luego el rizoma. El corte debe hacerse utilizando sierras o machetes limpios; en ningún caso se recomienda el empleo de hachas.

5.1.6.2 Curado del bambú

Inmediatamente después de que los tallos de bambú se cortan de la mata, deben someterse a un tratamiento de curado con el fin de hacerlos menos propensos al ataque de insectos como el dinoderos minutus, “escarabajo del bambú”, que es atraído por los almidones o glucosas que contienen la savia del bambú.

- Curado en la mata**:** Consiste en colocar los tallos una vez cortados, recostados lo mas vertical posible contra los tallos no cortados, sin remover ni las ramas ni las hojas, aislándolos del suelo, colocándolos sobre piedras o soportes. En esta posición debe permanecer de 4 a 8 semanas de acuerdo a las condiciones del tiempo.

Este sistema es el más recomendado pues los tallos conservan su color natural, no se rajan y no son atacados por los hongos. (Figura 5.14)

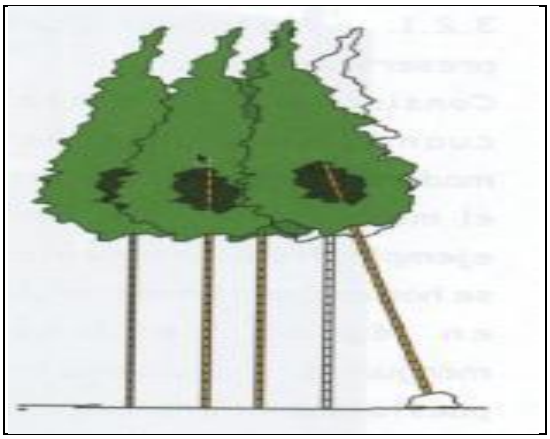


Figura 5.14 Curado en la mata
(Internet, 2010).

❖ Curado por inmersión: Este sistema fue el más empleado por los orientales durante muchas generaciones; consiste en sumergir los tallos en agua por un tiempo no menor a cuatro semanas. (Figura 5.15)

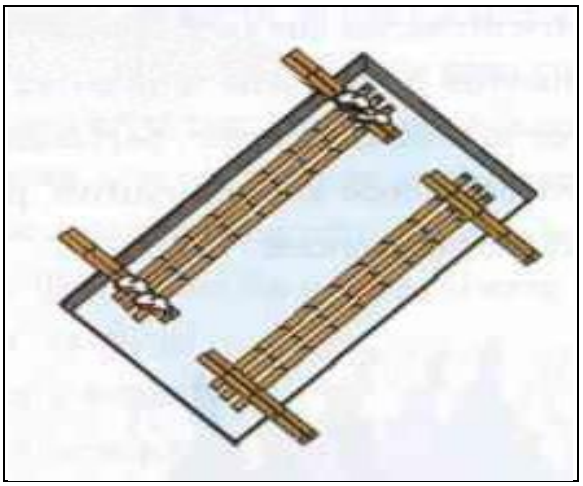


Figura 5.15 Curado por inmersión (Internet, 2010).

❖ Curado por calentamiento: Este sistema consiste en colocar el tallo después de cortado sobre fuego abierto rotándolo, sin quemarlo; con ello se logra matar cualquier insecto que tenga en su interior, por otra parte endurece la pared exterior haciéndola menos propicia al ataque de los insectos. Este sistema también se emplea tanto para secar como para enderezar los tallos torcidos.

5.1.6.3 Métodos de secado

Tanto los tallos vivos de la guadua como los árboles, contienen una cantidad considerable de humedad, la que se conoce comúnmente con el nombre de savia. Ella es conductora de los alimentos de la planta obtenidos del suelo por medio de los rizomas y es indispensable en la etapa de crecimiento y en la vida del bambú. Cuando el bambú se va a utilizar en obras artesanales o en la fabricación de materiales para la

construcción, que van a estar expuestos a diversos factores físicos y climatéricos, debe someterse previamente a un secado, entre otras, por las siguientes razones:

1- El bambú se contrae por la pérdida de humedad y se dilata cuando esta aumenta.

2- Para reducir al mínimo los cambios de dimensión.

3- El secado disminuye el peso del bambú y por tanto su costo de transporte.

4- Los organismos que ocasionan pudrición y manchas, normalmente no viven en el bambú cuando su contenido de humedad esta por debajo de 15%.

5- Los pegantes actúan mejor en piezas secas de bambú.

6- Las propiedades de resistencia del bambú se aumentan, cuando se seca a un contenido de humedad bajo. Uno de los objetivos del secado es obtener un mejoramiento de sus propiedades mecánicas.

El bambú después de curado, puede ser secado a través de formas diferentes que se denominan: secado al aire, secado en estufa y secado sobre fuego abierto.

- Secado al aire: El secado al aire se realiza colocando o apilando los tallos de bambú horizontalmente bajo cubierta, expuesto a una atmósfera secante pero protegidos contra el sol y de la lluvia.

- Secado en estufa: El secado de bambú en estufa es llevada a cabo en aquellas utilizadas comúnmente en secado de la madera aserrada, con cámaras de metal o de ladrillo en concreto, equipadas de tal manera que se pueda ejercer cierto grado de control sobre la temperatura, la humedad relativa y la velocidad del aire en

contacto con el bambú. Las estufas se clasifican según el método de carga y la forma de circulación del aire. El sistema es mucho más rápido que el secado al aire pero mucho más costoso debido a las instalaciones y equipos que se necesitan; sin embargo, puede justificarse ampliamente, si el secado se hace a gran escala.

- Secado sobre fuego abierto: Este es uno de los métodos mas comunes de secado que se emplea en el oriente, en donde además se aprovecha para enderezar los tallos torcidos. Los tallos que se van a secar por este medio se colocan entre dos soportes a una altura aproximada de 45 a 50 cm. sobre el nivel del suelo. El calor que se aplique no debe ser muy intenso.

5.1.6.4 Tratamientos con preservativos contra insectos y hongos

El tratamiento preservativo del bambú consiste en la aplicación apropiada de diversas sustancias químicas o preservativas, con el objeto de protegerlo del ataque de hongos insectos xilófagos, así como de la putrefacción, cuando se emplea bajo tierra o en contacto permanente con la humedad o el agua, dándole por consiguiente mayor durabilidad. Los preservativos que se emplean deben de tener las cualidades siguientes:

1. Que sean suficientemente activos para impedir la vida y desarrollo de microorganismos interiores y exteriores.

2. Que en el momento de su empleo se encuentren en estado líquido, a fin de que impregnen fácilmente todas las partes del bambú.

3. Que no tengan olor fuerte y desagradable lo cual impediría el empleo del bambú en el interior de las habitaciones.

4. Que no modifique el color del bambú, en particular el que va a ser utilizado como elemento decorativo.

❖ Sistema de aplicación de productos preservativos

El tratamiento preservativo para que dé buenos resultados debe aplicarse en la guadua como en la madera, una vez que su contenido de humedad se ha reducido al 10 ó 15% por medio de un secado al aire o en estufa.

Para aplicar los preservativos hay diferentes clases de métodos unos son por equipos de calderas y cámaras especiales de vacíos a presión, y otros más sencillos que son los siguientes:

a. Aprovechando la transpiración de las hojas.

b. Método boucherie

c. A presión o método boucherie modificado.

d. Por inmersión.

e. Por aplicación externa.

❖ Tratamiento aprovechando la transpiración de las hojas: este sistema se emplea en sistemas recién cortados. Los tallos se cortan a una altura de 30cm, con la totalidad de las ramas y hojas, recostados lo mas vertical posible sobre otros tallos sobre otros tallos no cortados, en la misma forma como se hace el curado en la mata. (Figura 5.16)

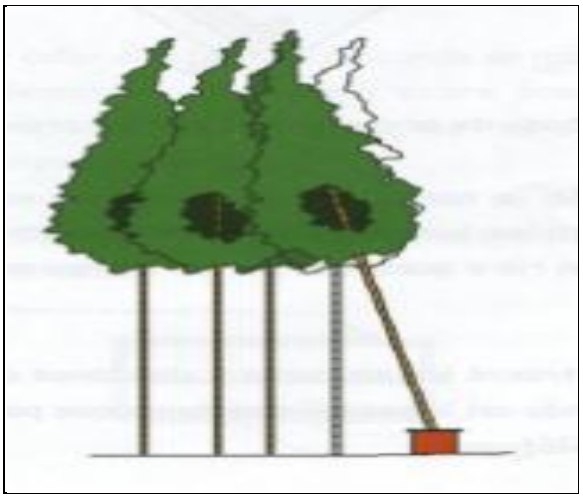


Figura 5.16 Transpiración de las hojas
(Internet, 2010).

❖ Tratamiento por el método boucherie: este método ideado por boucherie en 1873 consiste en hacer penetrar por el extremo del bambú o de un trozo de madera, por presión hidrostática, sulfato de cobre o cualquier otro preservativo que empuja entre si la sabia ocupando su sitio. Este tratamiento se aplica cuando el tallo esta recién cortado.

❖ Tratamiento a presión o método boucherie modificado: en 1953, Purushotham, Sudan y Sagar realizaron en Forest Research Institute, Dehra, Dun, India, una serie de experimentos con el objeto de simplificar el método de boucherie y hacerlo comercialmente aplicable al tratamiento a gran escala de bambúes en los bosques, reduciendo el periodo de tratamiento de varios días a unas pocas horas. Ello se logró utilizando de 10 a 15 libras de presión en el preservativo contenido dentro de un recipiente cerrado en lugar de que este fluyera por gravedad (Gomez Z., Alexander; Gallego, Raúl. Trabajo académico la Guadua ó Bambú. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Nacional Sede Manizales. 2003). (Figura 5.17)

Figura 5.17 Boucherie modificado
(Internet, 2010).

❖ Tratamiento por inmersión: el tratamiento por inmersión consiste en sumergir total o principalmente los tallos de bambú en un depósito con preservativo, según el uso final que vayan a tener. Por lo general la efectividad de este tratamiento depende del mayor tiempo que pueda permanecer sumergido para lograr su máxima saturación. La aplicación de este sistema varía según el tipo de preservativo que se emplee.(Figura 5.18)

Figura 5.18 Guadua en inmersión
(Internet, 2010).

❖ Tratamiento por aplicación externa: Este tipo de tratamiento consiste en aplicar el preservativo sobre la superficie del bambú con una brocha o un atomizador. Este tratamiento es el menos efectivo ya que la capa externa del bambú por ser prácticamente impermeable, impide que el preservativo tenga una buena penetración a su interior, además puede lavarse fácilmente con la lluvia, si queda puesto a la intemperie.

5.1.6.5 Productos preservativos empleados para el tratamiento del bambú y de la madera.

Los productos preservativos empleados para proteger el bambú, e igualmente la madera, del ataque de insectos, los hongos y la pudrición; se clasifican en dos grupos principales como son:

a. Aceites, tales como las soluciones de creosota y petróleo con pentaclorofenol; que se emplean en bambúes que van a estar expuestos al agua o a la humedad del suelo. Entre ellos se tienen:

- Cerosota alquitranada
- Cerosota alquitranada libre de cristales
- Aceite antraceno
- Cerosota obtenida por destilación de la madera, aceite y vapor de agua.
- Soluciones de cerosota

b. Sales, que se aplican disueltas en agua. Se emplean por lo general en bambúes que van a permanecer a intemperie, sin embargo, algunas de ellas pueden ser empleadas en bambúes que van a estar en contacto con la humedad del suelo. Entre ellos se tienen:

- Agua cobrizaz. (resistente al fuego)
- Sales wolman.
- Cromato de cobre ácido
- Metarsenito de zinc.
- Amoniacal.
- Arseniato de cobre cromado.
- Arseniato de zinc cromado.

5.2 Identificar los diferentes usos del bambú Guadua en la construcción de viviendas

De cada culmo se obtienen cuatro piezas comerciales, con un promedio de cuatro metros de largo, estas son: cepa, basa, sobrebasa y varillón.

5.2.1 Cepa: es la sección basal del culmo con mayor diámetro, la distancia de sus entrenudos es corta, lo cual le proporciona una mayor resistencia. Su longitud es aproximadamente de 3.0 metros

Su mayor resistencia se debe, no a que sus fibras sean diferentes a las de los otros tramos del tallo y por lo tanto tengan distinto comportamiento mecánico, sino porque el tramo basal tiene más área resistente, por ser sus paredes más gruesas y por tener, además, los nudos más cercanos unos de otros, lo que representa menor flexibilidad pero mayor resistencia mecánica.

- Utilización

Se utiliza en la construcción para cimientos, columnas, vigas principales, elementos que deban soportar fuertes tensiones o compresiones axiales, cercos y entibados; para estabilidad de taludes tiene gran uso, dada su sección. En cuanto al comportamiento frente a esfuerzos de flexión, esta parte de la guadua se comporta muy bien, gracias a la corta distancia entre nudos. (Figuras 5.19 y 5.20).

Figura 5.19 Vigas principales realizadas en Guadua.
(Táchira 2010)

Figura 5.20 Vigas y columnas principales realizadas en Guadua. (Colombia, 2010)

5.2.2 Basa: parte de la guadua que posee mayores usos, debido a que su diámetro es intermedio y la distancia entre nudos es mayor que en la cepa; es la parte del culmo de la guadua que mas se utiliza; tiene una longitud aproximada de 8.0 metros.

❖ Utilización

Si el tallo es de buen diámetro se utilizan también para columnas, elementos de cerchas, vigas de entrepisos, soleras, sobre- soleras y parales de paredes portantes o divisorias, para cumbreras, parales y diagonales de techos y paredes; para pisos de puentes y de rampas; así como para extraer esterilla, usada como base de friso y para formar casetones para el aligeramiento de losas de entrepisos de concreto armado o ferroconcreto. Es el tramo más comercial de la Guadua. (Figuras 5.21,5.22 y 5.23)

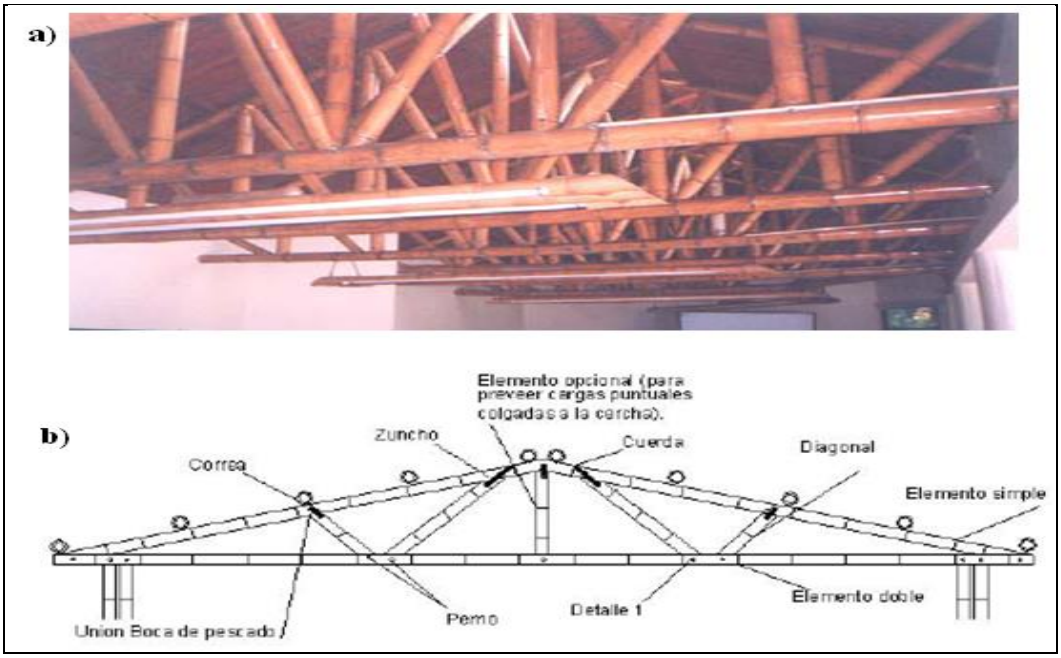


Figura 5.21 a) Cercha realizada en bambú. b) Modelo de cercha en bambú. (Colombia, 2010).

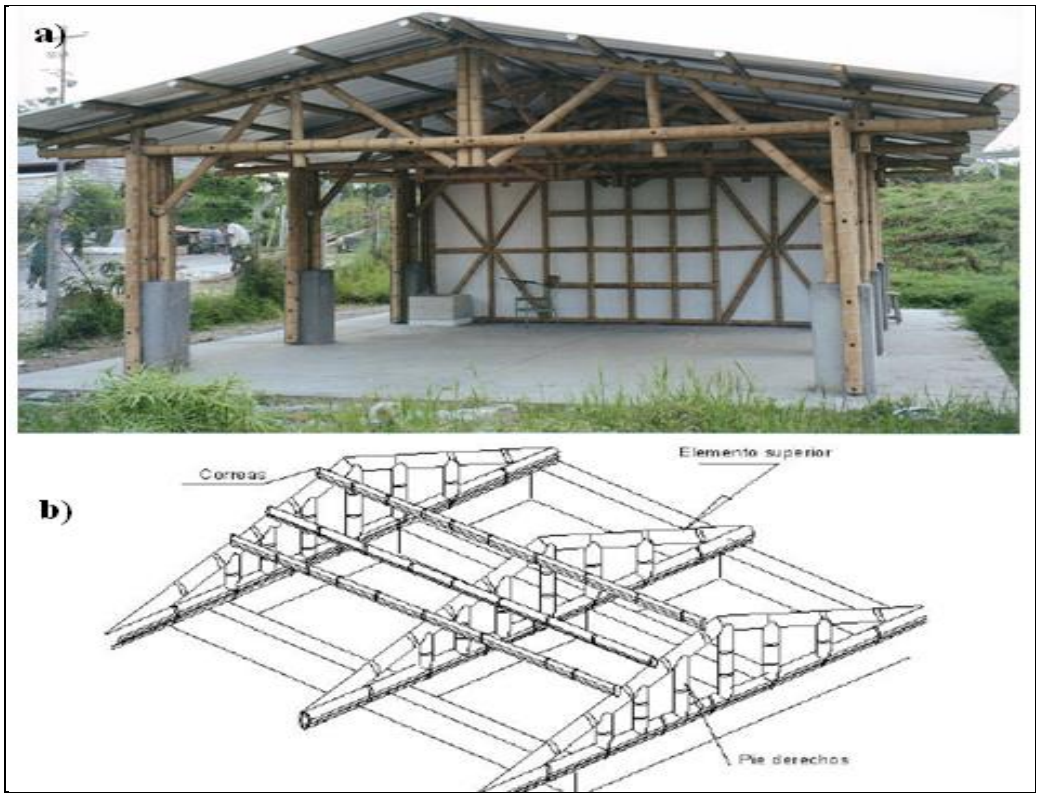


Figura 5.22 a) Correas de techo en guadua b) Modelo de correas de techo realizas en guadua (Colombia, 2010).

Figura 5.23 Estructura de guadua con muros de esterilla de guadua. (Colombia 2010).

5.2.2.1 La esterilla de guadua

Su obtención, curado y usos generales:

Uno de los subproductos de la Guadua que más utilización tiene en la construcción es la esterilla o estera, ya que, entre otros muchos, se la utiliza para: cerramientos de paredes en construcciones rústicas-cerramientos con acabado frisado, reemplazando favorablemente a la malla metálica; pisos provisionales en viviendas económicas o permanentes en secaderos de café y cacao; para encofrados y en la construcción de casetones utilizados en el aligeramiento de losas nervadas de concreto armado. Por eso la esterilla es tan importante en el procesamiento de la Guadua.

La esterilla debe extraerse una vez hayan escurrido los tallos durante cuatro a seis días en posición vertical. No es conveniente demorar mucho este proceso, permitiendo que se seque completamente el tallo, por cuanto es necesaria cierta humedad para el fácil manejo del material en el rajado, laminación y limpieza o "ripiado" interno de la estera ya obtenida. Si se permite que se llegue al secado y curado, los tejidos se endurecen demasiado, posibilitando que las pequeñas ranuras se conviertan en rajaduras totales, desintegrándose la estera. Ni tampoco es conveniente obtener la esterilla sin drenar suficientemente el tallo, ya que la presencia de nutrientes tales como azúcares y almidones en la estructura vascular de las paredes del mismo atrae rápidamente los insectos xilófagos, convirtiéndola prácticamente en un esqueleto estructural colmado de polvillo amarillo, por cuanto esta es una de las piezas que más fácilmente es atacada por su gran exposición y fácil acceso.

El drenaje de estos líquidos, además de prevenir el ataque de los insectos, libera a las piezas obtenidas de un peso extra que recarga el costo del transporte y dificultad de manejo en su utilización.

❖ Obtención de la esterilla:

Se toma un trozo de tallo debidamente cortado del largo requerido, seleccionándolo del segundo tramo del tallo, es decir, el siguiente al tramo basal, ya que las paredes de este primer tramo son muy gruesas y dificultan el rajado y "ripiado".

Se apoya sobre un travesaño colocado aproximadamente a 70 cm. del suelo, ajustable de acuerdo a la altura del operario y a la comodidad que requiera en su labor. Se procede a realizarle con una hachuela o un machete una serie de ranuras alrededor de cada nudo, de una longitud aproximada de 30 cm. cada una, de tal manera, que traspasen el grueso de pared del tallo. Al realizar cada ranura debe girarse el tallo, procurando que la separación entre una y otra ranura sea aproximadamente de 2 cm.

Una vez realizadas las ranuras alrededor de cada nudo y aprovechando una de ellas se raja de extremo a extremo con un palín, o herramienta similar, separando los bordes hasta abrirla dejándola completamente plana.

Luego se procede a "ripiarla", término con el cual los baquianos denominan la acción de quitarle con un palín plano afilado o con un machete, todos los residuos de nudos que le quedaron, así como todo el parenquima o capa blanda y blanquecina que cubre el interior de los entrenudos. La limpieza debe llegar hasta la capa de fibras, sin llegar a lastimarlas para no afectar sus propiedades mecánicas. Al quitarle el parenquima se reduce considerablemente la posibilidad del ataque de los insectos xilófagos, principalmente del Dinoderus minutus y del Podischnus agenor que son, quizás, los más frecuentes y causantes de mayor daño.

❖ El curado

Una vez "ripiadas" o limpiadas de tabiques y parenquima, las esterillas se ponen a "curar" en el mismo guadual, apilándolas, una sobre otra, con la faz externa hacia arriba, colocándolas sobre una base similar a la utilizada para el escurrimiento de los tallos -antes descrita- con el fin de facilitarles la aireación inferior y de aislarlas de la humedad del suelo.

Realizado el apilamiento, se protegen de la lluvia cubriéndolos por encima con hojas de plátano o similares o, en último caso, con hojas de la misma guadua, por espacio de veinte o más días, tiempo que demora lo que los baquianos llaman el "avinagramiento" de la savia" o "curado natural", que no es más que la conversión de altos contenidos de carbohidratos y/o glucosa -muy apetecidos por los insectos- en compuestos alcohólicos y fenólicos que, por el contrario, los rechazan.

Este curado es preferible hacerlo en el microclima propio del guadual, aunque también puede realizarse en un ambiente parecido, fuera de éste, para luego pasarlo al secado al aire libre en ambiente fresco y ventilado.

Dicen los baquianos y viejos guadueros que después de permanecer dos y medio a tres meses dentro del guadual, bien escurridos y ojalá sin mojarse, los trozos de tallo y las esterillas, si no han sido atacadas por los insectos xilófagos o por los hongos de la pudrición, pueden considerarse curados definitivamente; de lo contrario, debe realizarse el tratamiento químico para preservarlos.

Cuando se trata del aprovechamiento del guadual, en pequeña escala, se pueden aplicar sencillas medidas preventivas, tales como las fases de la Luna, la hora de corte, el curado en el guadual, porque lo permite el volumen, pero cuando se trata de la explotación a nivel industrial, es necesario aplicar métodos de secado, curado y

prevención contra el ataque de insectos y contra el fuego o la humedad, de acuerdo al volumen a tratar, utilizando entonces la inmunización por inmersión en grandes tanques, con mezclas químicas adecuadas.

La esterilla seguramente se obtendrá mediante la trituración con rodillos parecidos a los utilizados para la extracción del guarapo de caña. El parenquima de las esterillas se extraerá con máquinas cepilladoras y el secamiento se rea-lizará en hornos como los utilizados para la madera.

De todas maneras, sea a nivel doméstico o industrial, se deben tomar precauciones con la guadua para luego no sufrir pérdidas que se hubieran podido evitar. (Figuras 5.24 y 5.25)

Figura 5.24. Pared construida con esterillas de Guadua. (Táchira, 2010).

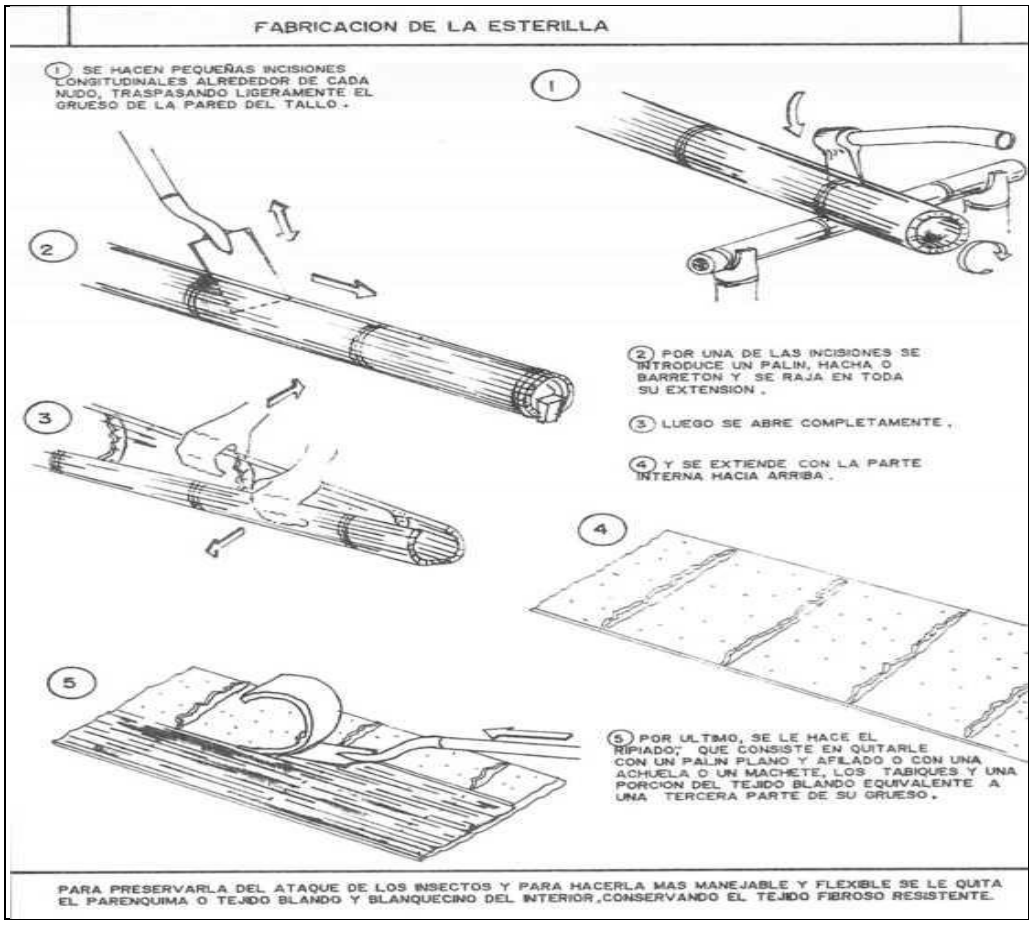


Figura 5.25. Fabricación de la esterilla. (Manual de la Guadua, 2010).

5.2.3 Sobrebasa: parte de la guadua donde el diámetro es menor y la distancia entre nudos es un poco mayor comparada con la basa. Es un tramo de guadua con buen comercio, debido a su diámetro que permite buenos usos. La longitud es de aproximadamente 4.0 metros.

❖ Utilización

Utilizada como elemento de soporte en estructuras de concreto de edificios en construcción (puntal). También se emplea como viguetas para formaletear vaciados de losas, vigas y columnas. (Figura 5.26)

Figura 5.26 Apuntalamiento de estructura de concreto con sobrebasa del bambú guadua. (Táchira, 2007).

5.2.4 Varillón: Sección de menor diámetro. Su longitud es aproximadamente 3 metros.

❖ Utilización

Es la parte más delgada utilizable en construcción; se usa principalmente para alfardas o pares para el apoyo directo de las tejas de barro cóncavo-convexas (teja española) y como correas en techos de palma, de asbesto-cemento, de cinc o similares. (Figura 5.27)

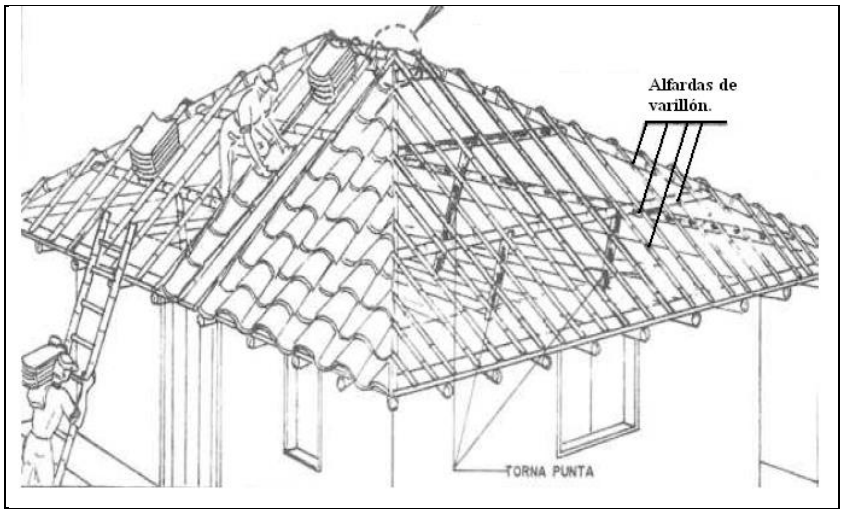


Figura 5.27. Alfardas de varillón usadas para la colocación de tejas. (Manual de la Guadua, 2010).

Las Guaduas delgadas, con diámetros menores a 10 cm, cuyas paredes de sus entrenudos sean inferiores a 1,5 cm no deben soportar aisladamente cargas significativas, es decir, no deben ser sometidas a esfuerzos mayores de compresión o de tensión, a no ser que estén debidamente reforzadas con otras Guaduas similares, conformando haces horizontales o con diagonales, en caso de estar en posición

vertical, o distribuidas las cargas entre varios elementos por medio de una solera o similar, como el caso de las paredes de Bahareque embutido con barro o de paredes con esterilla frisada.

Tampoco deben utilizarse Guaduas atacadas por insectos como el Podischnus agenor (escarabajo cachón) o por el Dinoderus minutus, ni tampoco que tengan rajaduras longitudinales o fisuras transversales; que se encuentren secas en el guadual o que se hayan florecido, por cuanto su vida útil es demasiado corta y su resistencia seguramente está considerablemente disminuida

En la figura 5.28 se puede apreciar un resumen de los usos más comunes de los diferentes segmentos de la guadua.

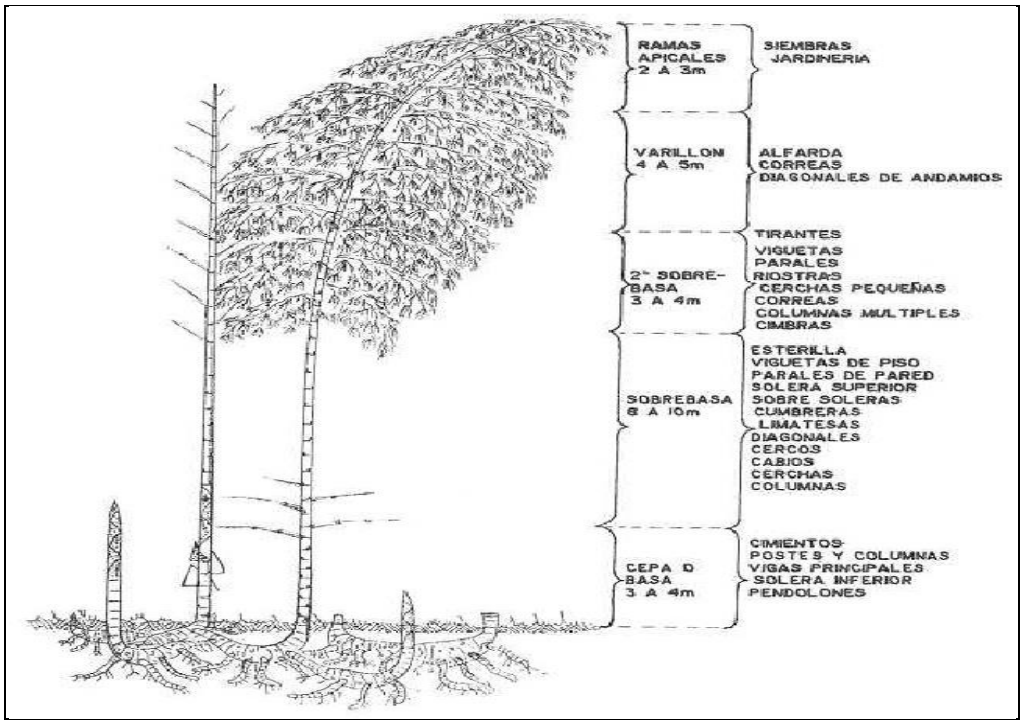


Figura5.28 Utilización en construcción de los diferentes segmentos de la Guadua. (Manual de la Guadua, 2010).

5.3 Análizar de las condiciones actuales y los avances en la construcción con bambú Guadua en Venezuela

5.3.1 Primeras iniciativas

Las iniciativas para incorporar el bambú en el desarrollo nacional comienzan en los años noventa, cuando el Servicio Forestal Venezolano (hoy Dirección General del Recurso Forestal del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales) promocionó el desarrollo de plantaciones de bambú con fines comerciales y al mismo tiempo, preparó un programa de rehabilitación y protección de cuencas hidrográficas mediante el uso de esta gramínea. En octubre de 1992, se realizó en Caracas, la capital de Venezuela, el Primer Seminario Internacional sobre la Utilización y Potencial del Bambú llamado "Bambú, Arquitectura, Ambiente y Comunidad", auspiciado por el Consejo Nacional de la Vivienda. El 19 de octubre de 1992 se creó el Comité Nacional del Bambú, mediante resolución del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales y del Ministerio de Desarrollo Urbano, con la finalidad de promocionar el cultivo y uso del bambú, para llevar a cabo el establecimiento de plantaciones para protección y cosecha, considerando el uso múltiple y aplicaciones.

En el año 2000, se creó el Comité Regional del Bambú en Mérida (COREBAMBU), como iniciativa de un grupo de profesionales adscritos a diferentes organismos, como el MARN, INPARQUES, CONARE, IFLA, ICLAM y LABONAC, el cual ha venido trabajando en la difusión y promoción del bambú a nivel de las comunidades rurales, logrando realizar varias charlas y talleres en donde, se destaca la importancia del establecimiento de plantaciones con diferentes especies de bambú, con fines de aprovechamiento múltiple. En el año 2001, se realizó el II Seminario Internacional del Bambú, en Mérida, promovido por COREBAMBU-Mérida, donde participaron especialistas nacionales y de Colombia.

En Venezuela, aunque muy incipiente han habido iniciativas orientadas básicamente a la utilización del bambú con fines de protección, para ello la Dirección de Manejo del Recurso Forestal del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales ha realizado reforestaciones con la especie *Bambusa vulgaris* en las áreas ribereñas del río Orituco, Altagracia de Orituco en el Estado Guárico y en las cuencas bajas y media del río Chama en el Estado Mérida, por mencionar algunas localidades.

5.3.2 Situación actual del bambú en Venezuela

La utilización del bambú ha sido esporádica, tan sólo en la fabricación de muebles, como elemento decorativo, en viviendas y artesanía. Todavía no ha recibido la importancia social y económica que merece. Se ha considerado una especie de uso marginal dentro de las especies forestales, asociada a la pobreza. Últimamente, se está formando un movimiento entusiasta que reconoce el potencial del bambú; por tal motivo, el gobierno nacional busca integrar el bambú en el mercado nacional para que florezca la artesanía, la fabricación de muebles y sobre todo la construcción con bambú.

Venezuela ha iniciado el proceso de desarrollo del bambú, con su afiliación en el año 2002 a la Red Internacional del Bambú y Ratán (INBAR), con sede en Beijing (China), y para este año se dispone a considerar la formulación y ejecución del Plan Nacional de Desarrollo del Bambú (según recomendaciones del mismo INBAR), el cual permitirá solucionar numerosos problemas ambientales, socioeconómicos, al crear fuentes de trabajo, formando personal especializado y fortaleciendo instituciones públicas y privadas, vinculadas con la conservación de los recursos naturales, el desarrollo rural y la pequeña y mediana industria.

De acuerdo con el Agregado Científico de República Popular China, el Sr. Douglas Marín, para poder obtener resultados positivos de la asociación del país con

el INBAR, Venezuela debería urgentemente lograr una carta de intención entre el gobierno de la República Bolivariana de Venezuela y el INBAR para el desarrollo del bambú, elaborar el Plan Nacional de Desarrollo del Bambú, que contenga los proyectos y zonas donde serían ejecutados, los participantes y los beneficiarios, las instituciones públicas y privadas involucradas, las fuentes de financiamiento nacional e internacional, además del asesoramiento y cooperación técnica esperados del INBAR.

Se han realizado algunos proyectos locales en la cuenca del Río Chama- Mérida para la determinación de áreas potenciales para plantaciones de bambú y se intenta la formulación y puesta en práctica del programa de extensión forestal para hacer partícipes a las comunidades rurales en el desarrollo del bambú. En el Instituto Forestal Latinoamericano (IFLA) se va a constituir el Centro Nacional de Documentación del Bambú. Este centro recopilará toda la información posible existente del bambú, a nivel de Venezuela, de América Latina y de países asiáticos.

Es necesario pensar en el bambú como alternativa de construcción y en la infinidad de usos que puede darse a este material que el enumerarlos, sería motivo de varias páginas. En nuestro país existen muchos casos en que los propietarios no aprovechan regularmente sus guaduales, pues únicamente lo extraen para las necesidades de sus fincas y no como un recurso o producto rentable.

5.3.3 Proyecto “Bambú”

El Proyecto Bambú, acordado entre la nación asiática y nuestro país en el año 2006 tiene como objetivo fortalecer las capacidades de artesanos, técnicos agrícolas y comunidades rurales, en aspectos relacionados con la reproducción, cultivo y aprovechamiento del bambú y otras gramíneas relacionadas con esta especie, con el

objeto de que estos sujetos sirvan posteriormente como multiplicadores de esta experiencia.

Este programa lo ejecutan el Ministerio del Poder Popular para la Cultura, a través de la Secretaría Nacional de Artesanía del Instituto de las Artes de la Imagen y el Espacio (IAIME), y el Ministerio del Poder Popular de Agricultura y Tierras, a través de la Dirección General de Circuitos Agrícolas Forestales.

Técnicos chinos capacitarán a venezolanos en el aprovechamiento del bambú en cuatro estados. El equipo de técnicos coordinado por Xiong Yangtao, estará en Caracas a fin de articular los detalles programáticos para posteriormente desarrollar su trabajo en las 4 entidades federales seleccionadas para llevar a cabo el proyecto: Mérida, Yaracuy, Sucre y Monagas.

La responsabilidad de los estados Sucre y Monagas recaerá directamente en el Despacho cultural a través de la Secretaría Nacional de Artesanía del IAIME, que también tendrá una pequeña participación en Mérida y Yaracuy, donde la actividad estará a cargo del Instituto Merideño de Desarrollo Rural (IMDERURAL), el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA Mérida) y el despacho de Agricultura y Tierras, respectivamente.

A partir de este propósito, la Secretaría Nacional de Artesanía del IAIME espera construir espacios de desarrollo artesanal donde ecología, ambiente, economía, cultura y sociedad se conjuguen en una línea de acción que se inicia con la siembra del bambú, continúa con la producción de artesanía y cierra con la compra, venta y consumo de dichos productos; dándole la debida importancia a cada una de estas fases.

Aún cuando la intervención de la Secretaría Nacional de Artesanía se refiere específicamente a la producción de artesanía, se tiene una visión global del proceso que considera necesario garantizar la existencia de la materia prima, sin afectar el ambiente y una vez que se elabore la artesanía, es preciso introducirla al mercado con el criterio que exige lo artesanal. Ello con miras a alcanzar el desarrollo sustentable y sostenible de las comunidades donde se ejecute el proyecto. (Figura 5.29).

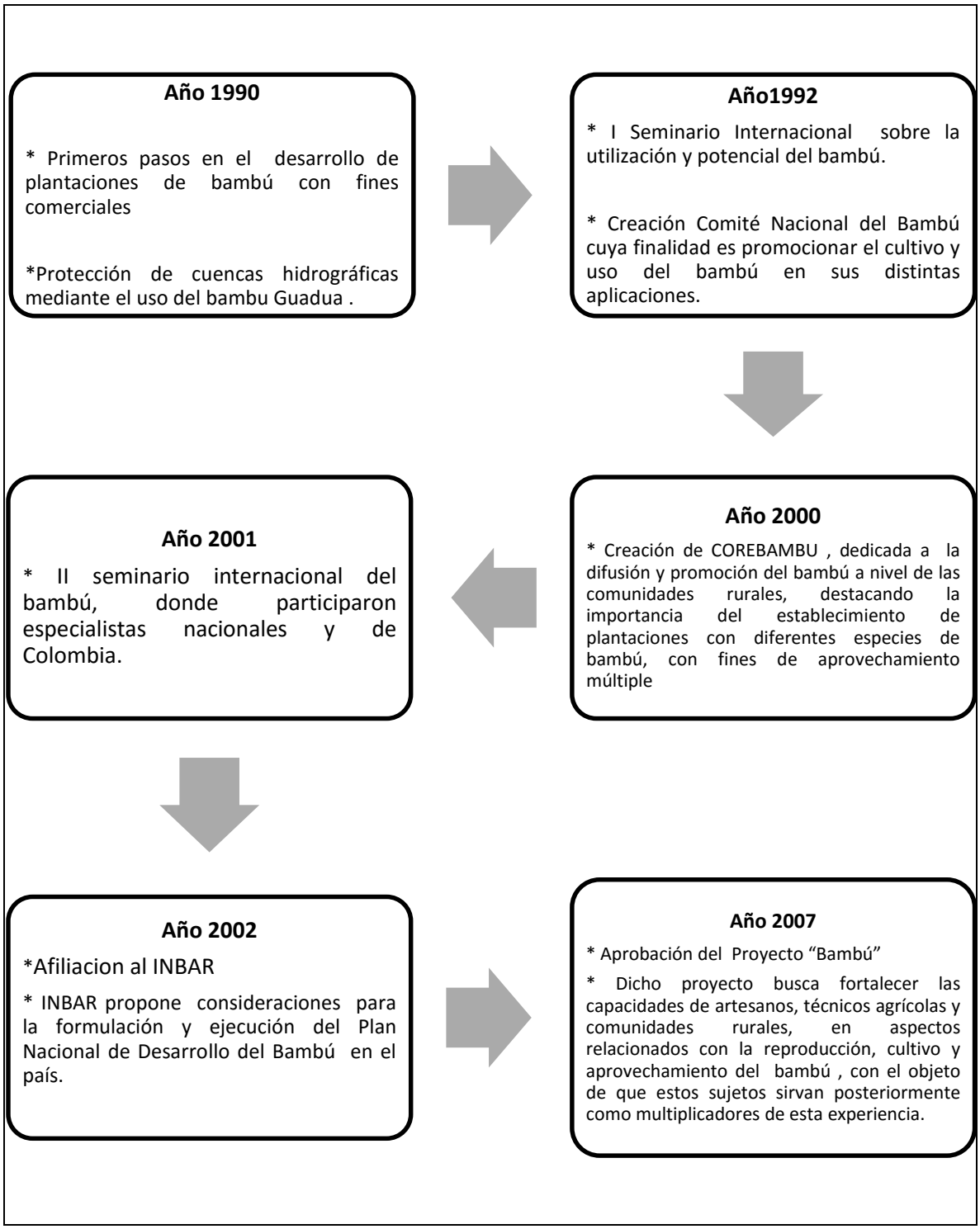


Figura 5.29. Avances en el uso del bambú en Venezuela.

5.4 Comparar la construcción con bambú guadua y la construcción convencional.

El sistema de construcción en bambú guadua difiere del sistema convencional de construcción en concreto armado en muchos aspectos, entre ellos se destacan:

5.4.1 Paredes

Sistema empleado*:* bahareque encementado.

Origen: como su nombre lo dice es una modificación del muy conocido Bahareque que, como sistema de cerramiento de espacios, ha sido utilizado por milenios por diferentes culturas del mundo.

El Bahareque comúnmente es construido con una serie de elementos verticales (tallos de madera rústica, de palma, etc.) que están unidos lateralmente por dos cortinas de elementos horizontales (latas de pahua, caña brava o similares), separadas entre sí en sentido vertical aproximadamente 10 cm., conformando en conjunto una especie de jaula, en cuyo interior se embuten, primero, piedras de canto rodado y, luego, hacia arriba, un amasijo de tierra y agua, generalmente revuelta con los pies, que alcanza el estado pastoso o blando, el cual es aplicado manualmente hasta el tope de la pared.

Descripción: el sistema del bahareque encementado, se construye con parales de Guadua de entre 8 y 12 cm. de diámetro, según el tipo de pared y la variedad de Guadua utilizada.

En vez de piedras en la parte baja, tiene un zócalo de 2 a 3 hiladas de ladrillo de barro cocido, sea con huecos o macizo, o con bloques de cemento, para aislar a la Guadua de la humedad del suelo y del chisguete del agua de lluvia.

Los muros de la vivienda de bahareque pueden ser de tipo estructural ó no estructural, los primeros se construyen para resistir las cargas verticales y horizontales, los segundos sirven para separar algunos espacios de la casa, solo están facultados para resistir su propio peso pero son unidos a los muros estructurales en busca de su estabilidad.

Los muros están compuestos por marcos de madera o guadua, como se muestra en la figura 5.30, con elementos verticales intermedios de guadua separados entre sí aproximadamente 50cm, llamados pie derechos, los elementos horizontales inferiores se denominan soleras y los superiores carreras o soleras, dichos elementos horizontales se recomienda construirlos en madera ya que la guadua es propensa al aplastamiento; los muros llevan además diagonales para arriostrarlos y mejorar su comportamiento ante cargas sísmicas; se observa en la figura 5.31 la sección transversal de este tipo de muros.

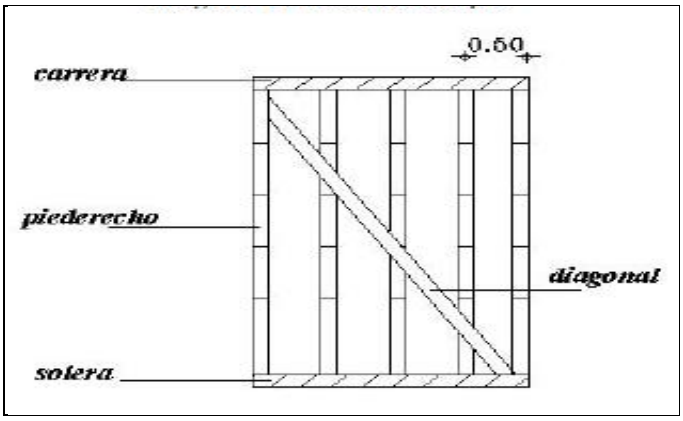


Figura 5.30 Componentes del muro de bahareque
(Manual de la Guadua, 2010).

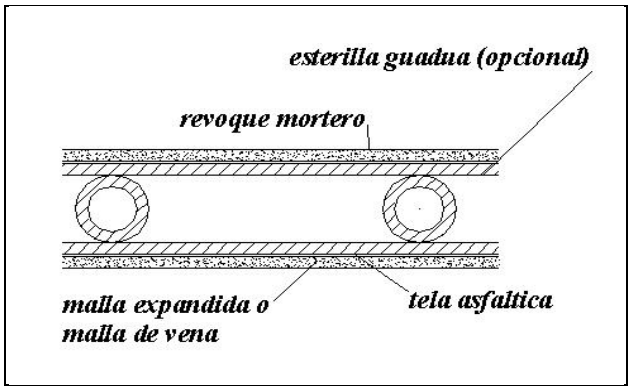


Figura 5.31 Sección transversal muros de
bahareque encementado
(Manual de la Guadua, 2010).

Colocación de la esterilla: después de construir el zócalo sobre el cimiento y de instalar la solera inferior sobre el zócalo -fijándola a los chazos de madera- y de haber instalado sobre ella los parales y diagonales, junto con la solera superior; es decir, una vez constituido el esqueleto de la pared y verificadas su estabilidad y rigidez, se procede a colocar la esterilla, inicialmente por la parte exterior de la construcción, hasta completar el cubrimiento por esa cara, dejando la otra cara, sin esterilla, con el fin de permitir la instalación de las redes eléctrica y de agua potable; después de lo cual se procede a colocar la esterilla por la cara fallante de cubrimiento.

Tanto por la parte exterior como por la interior se fija la esterilla a los parales y a los diagonales mediante clavos, distanciados entre 3 y 8 cm., en cada uno de los cuales se enlaza un alambre delgado, conformando una especie de costura.

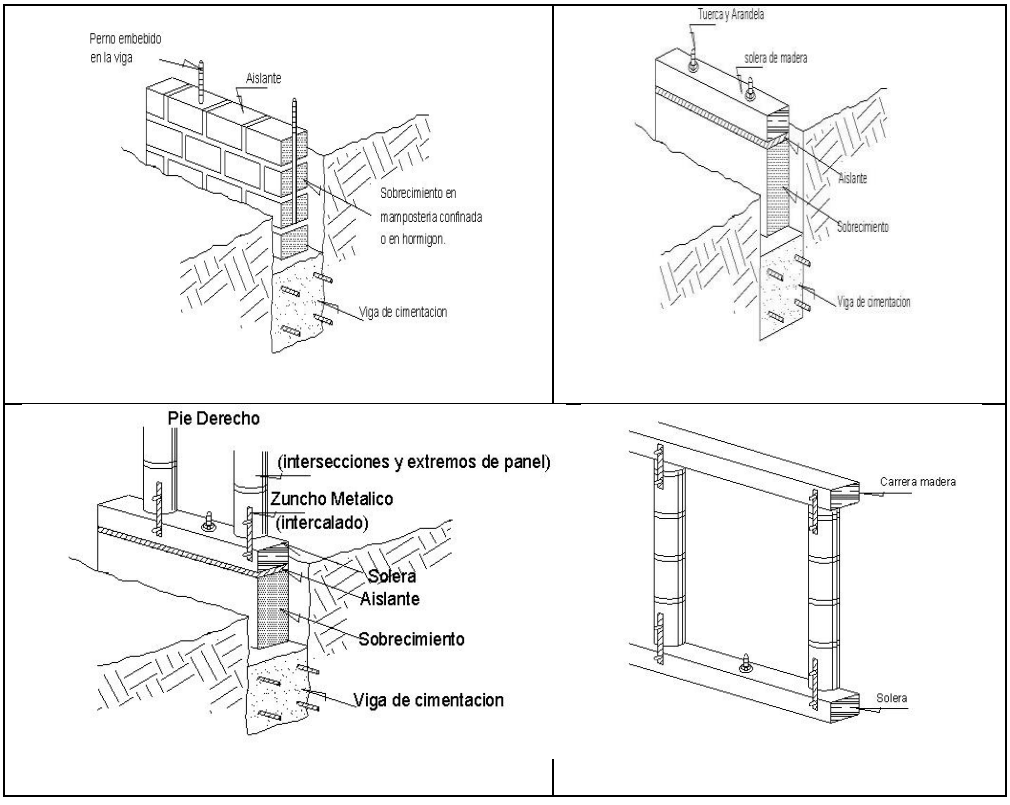
Cuando la pared va frisada, la esterilla debe colocarse con la faz cutinizada (la más dura) hacia el interior de la pared.

En este caso, como esta esterilla sirve de base al pañete y al friso que se vayan a aplicar a la pared, deben separársele los elementos (latas o cintas) que la conforman, estirando la esterilla transversalmente al momento de instalarla. Es decir, como la esterilla se coloca horizontalmente y se empieza a fijar de arriba hacia abajo, entonces el esfuerzo de estiramiento debe hacerse siempre hacia abajo, procurando que las rendijas que van apareciendo no sobrepasen un centímetro de apertura. Estas rendijas se requieren para retener el pañete. Entendiendo por "pañete" a la primera capa que se aplica directamente al esterillado, consistente en una mezcla de tierra cernida seca, no arcillosa, arena, cal hidratada (apagada) y sisal o cabuya picada en trozos de 5 a 8 cm. (o en último caso, tallos de pasto picado del mismo largo) para evitar que se raje, en la proporción de una parte de cal, tres de tierra y tres de arena. Por "revoque" o friso entendemos el mortero corriente de cemento y arena que se aplica como segunda capa. La cantidad de agua varía según el tipo de mezcla requerida y la etapa de su aplicación.

Para facilitar la labor de fijación de la esterilla se debe realizar entre dos personas. Mientras una sostiene la esterilla en su sitio, la otra la fija por su parte superior únicamente, luego, el que la sostenía, la estira halándola desde abajo, mientras el otro va clavándola de arriba hacia abajo, pero solamente a medio clavar. Cuando se han colocado todas las esterillas de ese lado de la pared, se procede a hacerle la costura con alambre delgado; para lo cual el que antes sostenía y estiraba la esterilla, ahora le da una vuelta o dos a cada clavo con el alambre, manteniéndolo

siempre bien templado; operación que repite en cada clavo, mientas la otra persona procede a terminar de clavar los que ya estén debidamente entorchados.

Sobre esta capa se recomienda adherir una tela asfáltica por ambos lados, aislando la madera y la guadua de la humedad evitando así su pudrición y previniendo el deterioro paulatino de la vivienda; una vez instalada la tela asfáltica se procede a cubrirla con una capa de malla de alambre o lámina expandida, y una primera capa de mortero donde ésta es embebida, para luego cubrirla con otra capa, para su correspondiente terminado. (Figuras 5.32 y 5.33).



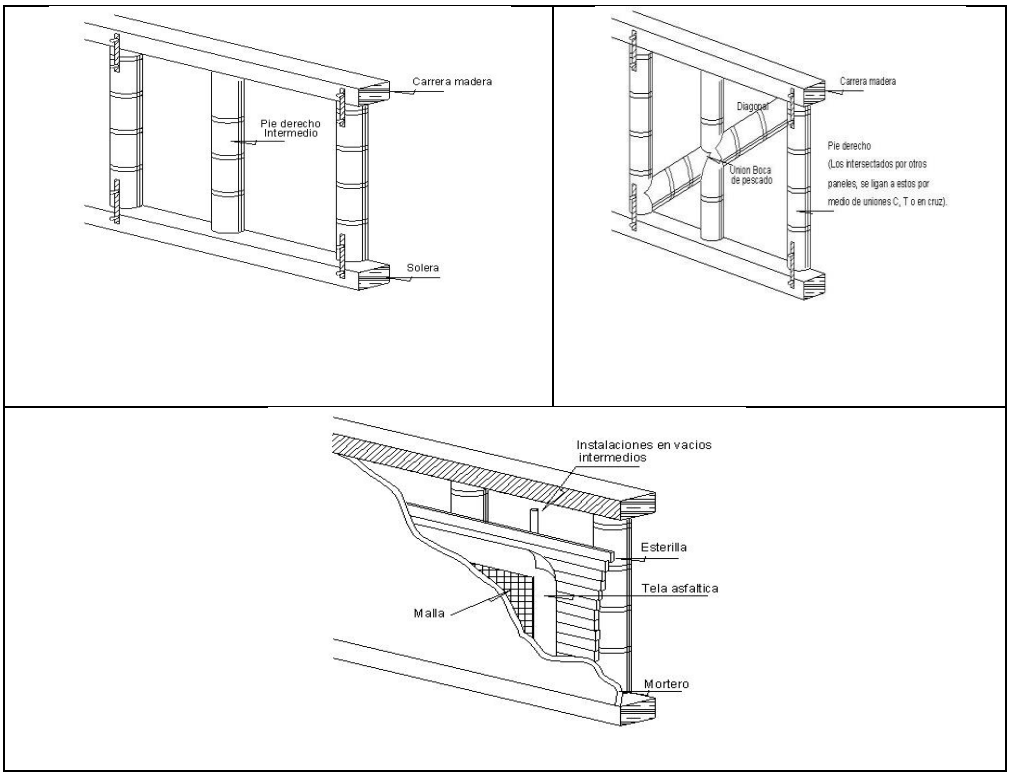


Figura 5.32 Proceso de Construcción de Paredes
(Manual de la Guadua, 2010).

Figura 5.33.Muro en bahareque encementado
(Colombia, 1997).

Ventajas:

* La pared de esterilla tiene menos peso que la de bahareque, ladrillo de cemento y ladrillo de arcilla, por lo tanto, requiere de menores especificaciones en los cimientos y en la estructura que la soportan.

* Las cámaras se comportan como aislantes térmicos de comprobada eficacia y también como aislantes acústicos en menor grado.

* Al ser hueca gran parte de la pared, permite en su interior la instalación de la red eléctrica, debidamente protegida por tubería conduit y cajetines, así como la red de aguas blancas. La red de aguas servidas y excretas es preferible montarla fuera de la pared para facilitar su reparación.

* Si al material de Guadua utilizado se le ha hecho el tratamiento preventivo y se ha curado adecuadamente; si se le protege su base con la construcción del zócalo de ladrillo, de bloque o con otro sistema similar; si se frisa y protege con pintura por ambas caras y se dota de aleros suficientes, la pared queda protegida contra la humedad y el ataque de insectos, permitiendo que su duración se prolongue por 60 o más años, tiempo más que suficiente, dado su bajo costo y su fácil construcción. Todo depende del mantenimiento que se le siga dando periódicamente como lo exige cualquier otro sistema constructivo.

*Por la gran resistencia a la compresión que presenta la Guadua angustifolia, las paredes conformadas por parales y diagonales, debidamente estabilizados, garantizan el soporte de varios pisos sobre ellas, más la estructura del techo y la carga de una cubierta tan pesada como la de teja de barro cocido.

5.4.2 Entrepisos

La losa de entrepiso debe comportarse como un diafragma en su propio plano y ofrecer así un buen comportamiento de la estructura para una correcta utilización de todos los muros estructurales, para tal efecto debe proveerse el adecuado amarre de los elementos que la componen, debe considerarse también la correcta distribución de esta para soportar las cargas verticales (muerta y viva).

Los entrepisos están compuestos por un conjunto de viguetas de madera o guadua, separadas entre si máximo 40cm; en el caso de la guadua se deben usar mínimo dos superpuestas verticalmente y aseguradas por medio de un zuncho metálico; encargadas de soportar directamente las cargas del entrepiso, como son: acabados (esterilla, mortero y refuerzo) y las cargas vivas; las viguetas descansan sobre las vigas soleras que a su vez se apoyan sobre las carreras superiores de los muros estructurales del primer piso; para el caso de las soleras se recomienda construirlas en madera densa, ya que cuando son elaboradas en guadua se corre el riesgo de sufrir aplastamientos; en la figura 5.34 y figura 5.35 se muestran el corte de un entrepiso con viguetas de guadua y el detalle del zuncho de las viguetas, respectivamente.

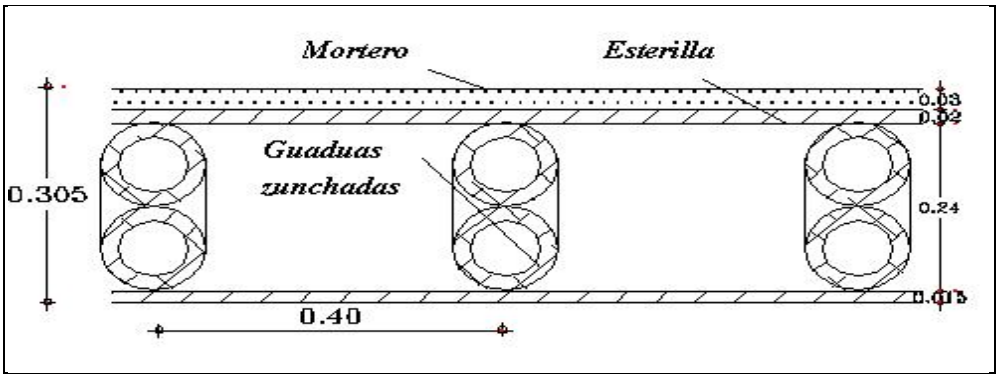


Figura 5.34 Corte placa de entrepiso (Manual de la Guadua, 2010).

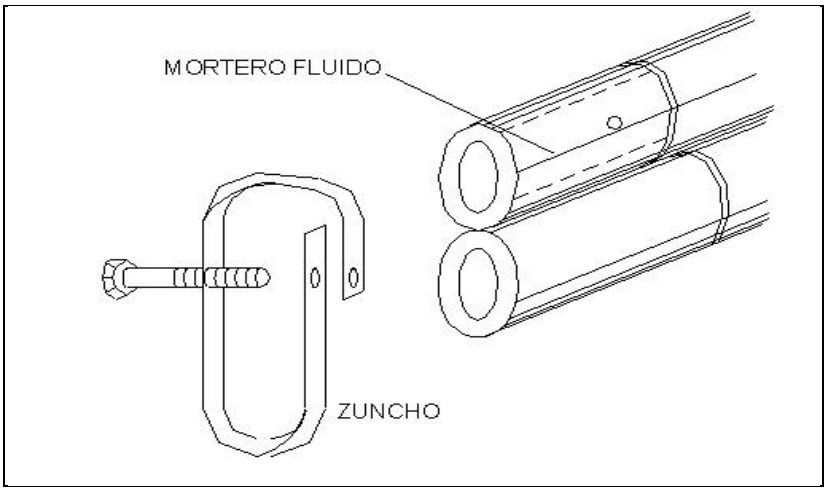
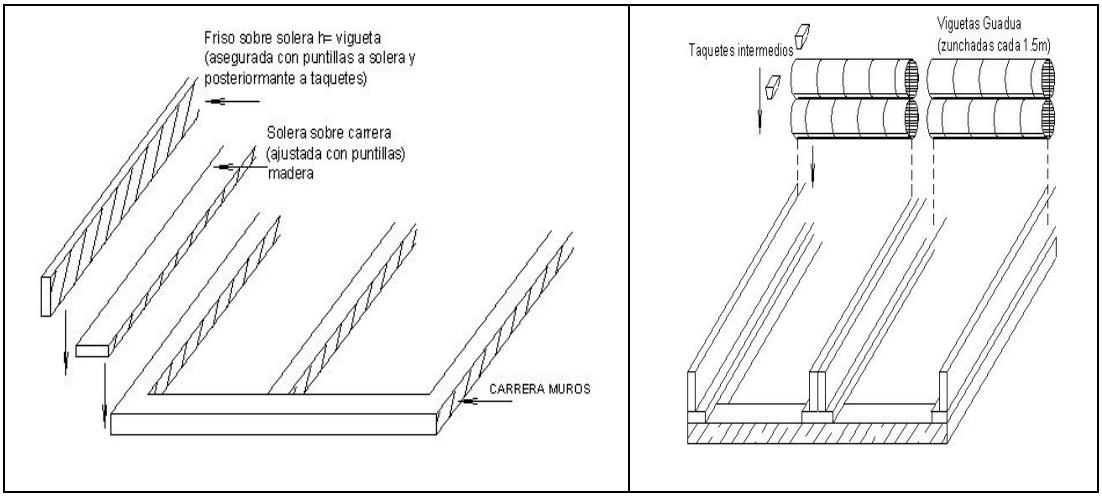


Figura 5.35. Detalle Zuncho de viguetas (Manual de la Guadua 2010).

En ningún caso la losa de entrepiso debe realizarse en hormigón reforzado, puesto que presenta una masa considerable y dificulta su conexión con los muros estructurales que la soportan. Los acabados a emplear en la losa de entrepiso deben ser livianos para evitar la adición de demasiada masa a la placa, representando una disminución de la fuerza sísmica sobre la estructura; particularmente se recomienda aplicar una capa de colorante (mineral) como capa final; es conveniente no emplear baldosa de cemento ni de cerámica. (Figuras 5.36 y 5.37).



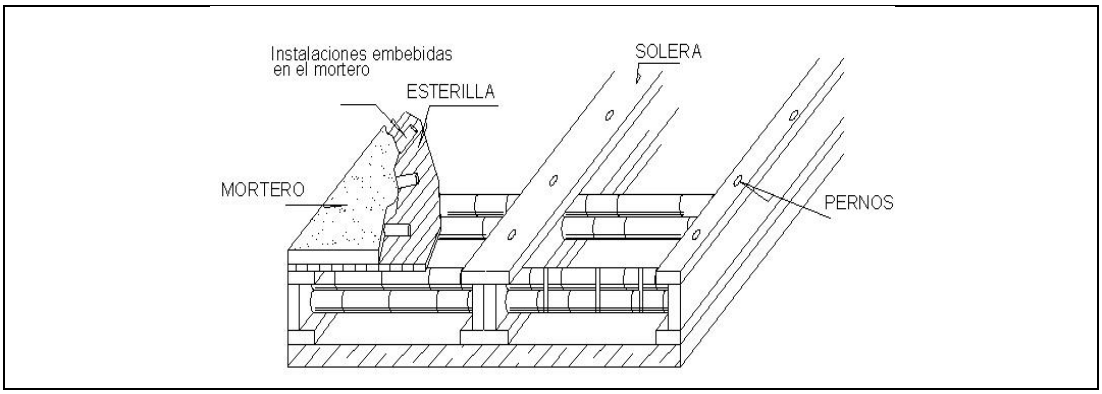


Figura 5.36 Proceso de Construcción de Entrepisos (Manual de la Guadua, 2010).

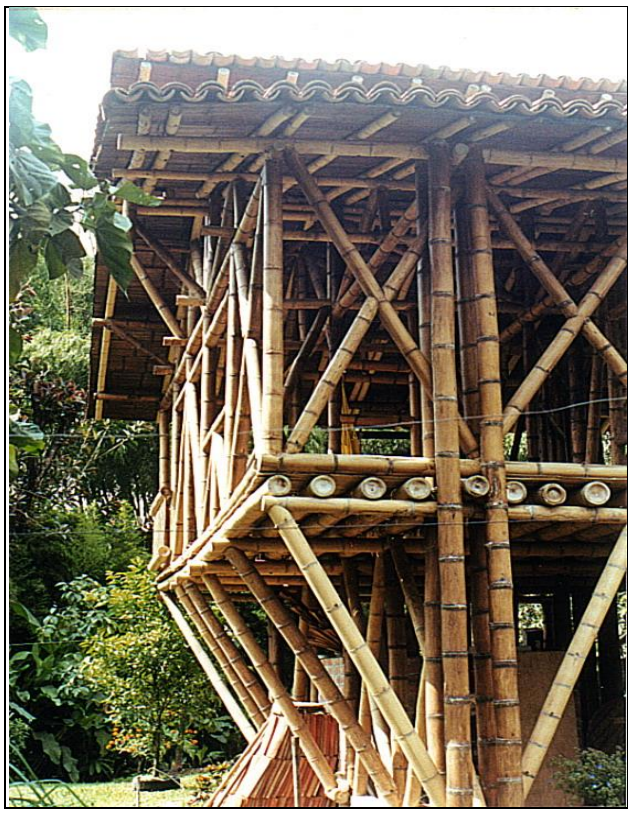


Figura 5.37 Proceso de Construcción de Entrepisos (Táchira; 2010).

5.4.3 Cubierta

La estructura de cubierta debe conformar un conjunto uniforme que garantice la estabilidad ante cargas laterales y un correcto soporte y distribución de cargas verticales; las cubiertas mas empleadas son las de cuatro y dos aguas, estas últimas son mas útiles en el área urbana puesto que los lotes son mas limitados, dejando las de cuatro aguas a las casas campestres.

Para este tipo de viviendas se recomienda no emplear tejas de barro, las cuales son demasiado pesadas y producen fuerzas mayores que las de tipo liviano al ser aceleradas por el efecto de las ondas sísmicas, en su defecto se deben emplear tejas de asbesto cemento o similares, con la ventaja de encontrarse en diversos tamaños, colores y texturas, además de la utilización de menos material puesto que permite ampliar las luces entre correas.

Los principales elementos que constituyen una estructura de cubierta son las cerchas y correas; en muchos casos las casas de bahareque presentan una longitud de muros considerable los cuales sirven de apoyo a la estructura de cubierta, conformando estos a su vez las cuchillas que darán la pendiente a la cubierta, la figura 5.38 enseña los elementos constitutivos de las cuchillas.

Cuando la cubierta no se apoya directamente sobre los muros, se deben utilizar cerchas constituidas por elementos en guadua principalmente, la figura 5.39 muestra una cercha tipo para luces de hasta 10m.

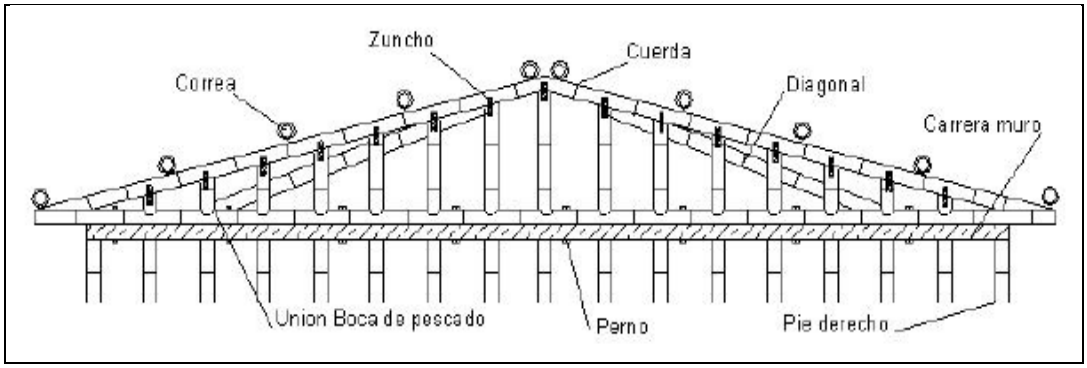


Figura 5.38 Elementos de cuchilla de techo para apoyos sobre muro (Manual de la Guadua 2010).

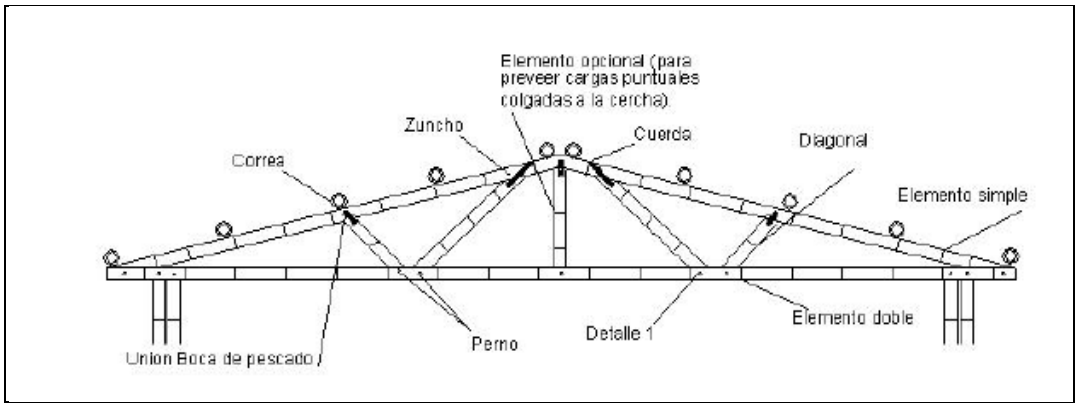
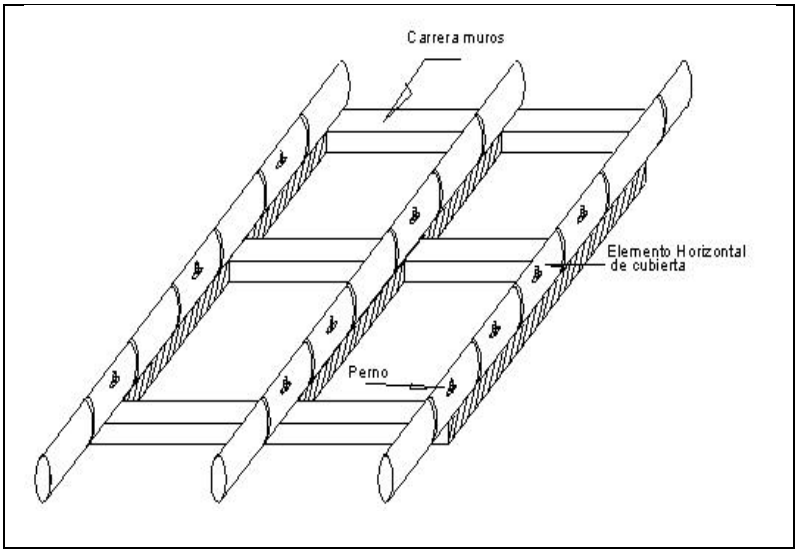


Figura 5.39 Cercha tipo para luces hasta 10m (Manual de la Guadua, 2010).

Los elementos secundarios, correas, que reciben la carga directa de las tejas que conforman la cubierta, son fabricados por lo general en guadua con luces máximas de 3m para elementos simples. (Figuras 5.40, 5.41 y 5.42).

Figura 5.40 Techo cubierto por esterillas de Guadua (Táchira, 2010).



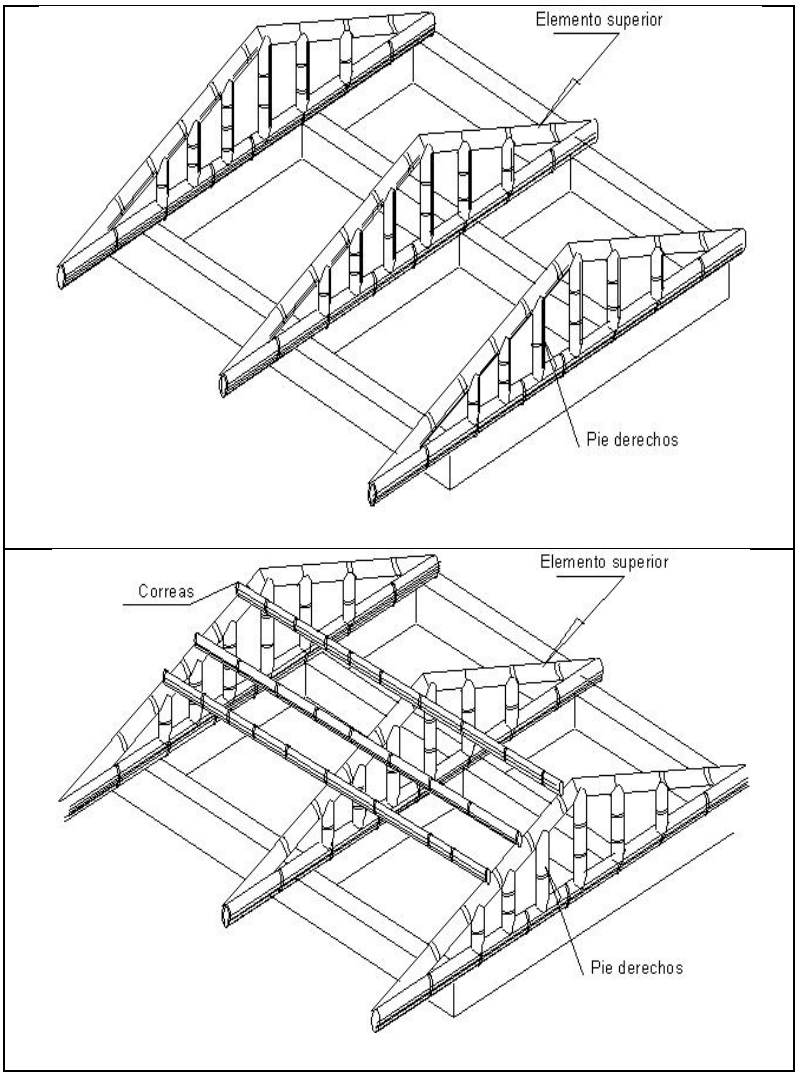


Figura 5.41 Proceso de Construcción de cubiertas, con cuchillas. (Manual de la Guadua, 2010).

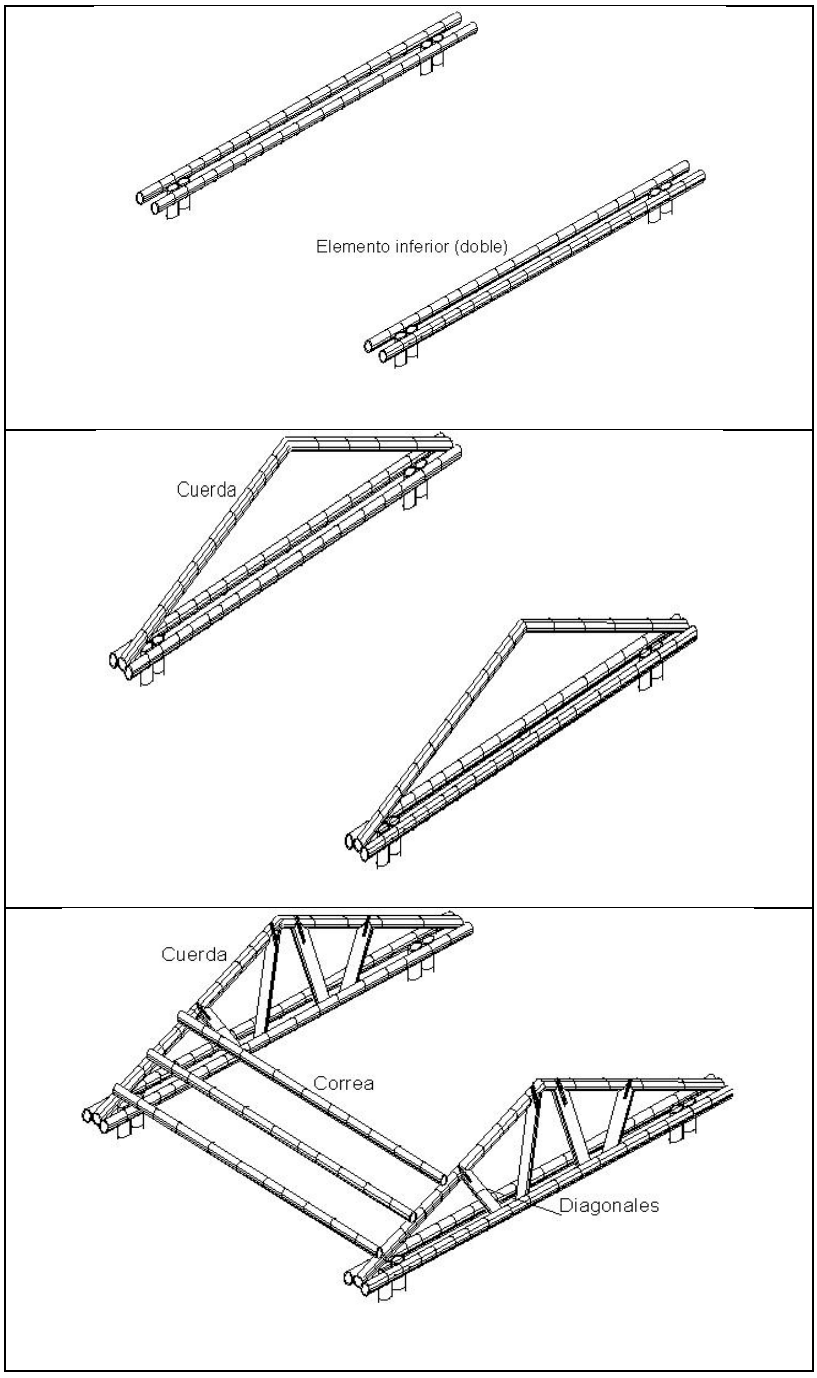


Figura 5.42 Proceso de Construcción de cubiertas, con cerchas. (Manual de la Guadua, 2010).

5.4.4 Cimientos

Para viviendas de bahareque se recomienda emplear cimentaciones de hormigón reforzado apoyadas sobre el terreno natural firme o sobre una sustitución de suelo compactada; dicha cimentación debe conformar un diafragma de anillos cerrados los cuales deben asegurar la correcta distribución de cargas al suelo evitando asentamientos diferenciales. (Figura 5.43).

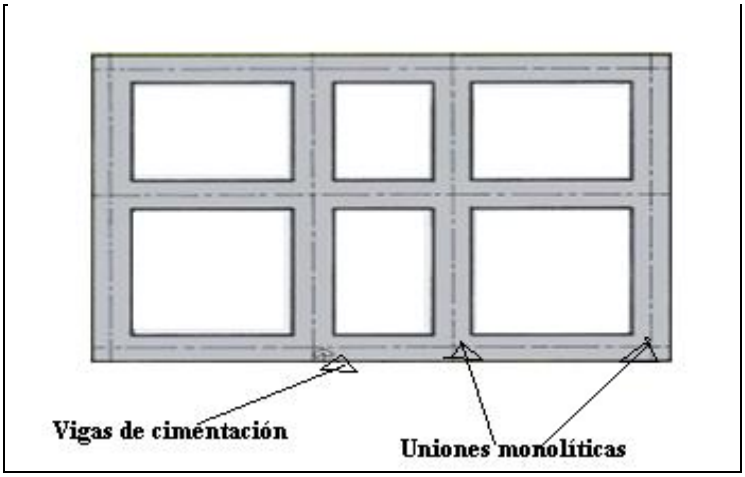


Figura 5.43 Vigas de cimentación (Manual de la Guadua, 2010).

Del "Manual de construcción sismo resistente de viviendas de uno y dos pisos de bahareque encementado" se extrajo la siguiente tabla, en donde se recomiendan las dimensiones mínimas, cantidades de refuerzo y calidad del acero y del hormigón:

Tabla 5.3 Refuerzo y dimensiones mínimas de cimentaciones

	Un Piso	Dos Pisos	Calidad
Anchura	300 mm	300 mm	F´c = 17,25 Mpa = 172.5 kg/cm^2
Altura	300 mm	30mm	F´c = 17,25 Mpa = 172.5 kg/cm^2
Acero Longitudinal	4 No 3	4 No 4	Fy = 235 Mpa = 2350 kg/cm^2
Estribos	No 2 a 200 mm	No 2 a 200mm	Fy = 235 Mpa = 2350 kg/cm^2
Bastones	No 3	No 4	Fy = 235 Mpa = 2350 kg/cm^2

* Los bastones deben colocarse en los extremos de cada muro, en las intersecciones con otros muros, y en lugares intermedios, a distancias no mayores que 35 veces el espesor efectivo del muro o 4 m, lo que sea menor, anclados a la viga de cimentación con una profundidad no inferior a la mitad de su altura. Si entre la cimentación y el bahareque hay una sobrecimentación de mampostería o concreto, los bastones deben estar embebidos en ésta, por lo menos con una longitud de 300 mm.

5.4.4.1 Terreno plano: en terreno plano, sobre la malla de vigas de cimentación a nivel puede iniciarse directamente la construcción de los muros de bahareque, si se garantiza que el bahareque no está en contacto directo con el suelo.

Si el nivel del suelo firme hace necesario que las vigas de cimentación estén a una profundidad en la que el bahareque quedaría en contacto directo con el suelo, debe construirse sobre ellas un sobrecimiento que puede hacerse en mampostería confinada o en concreto.

El sobrecimiento debe anclarse debidamente a la cimentación mediante barras de refuerzo. (Figuras 5.44 y 5.45).

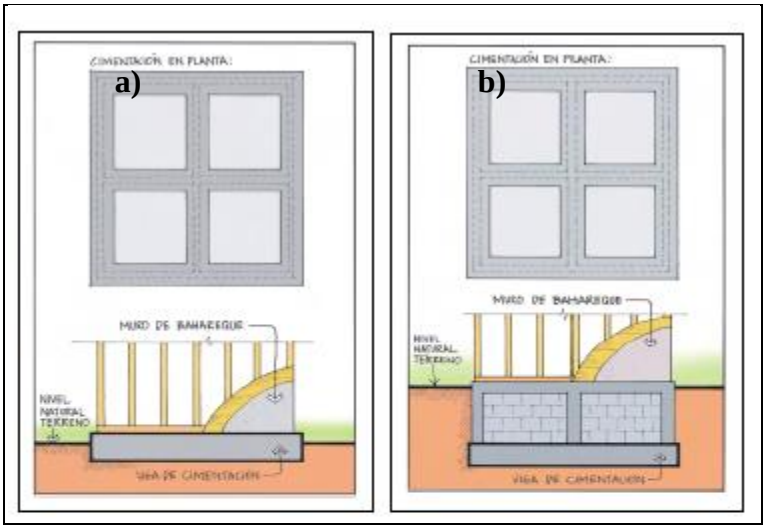


Figura 5.44 Detalle sobrecrecimiento a) En hormigón b)Mampostería confinada. (Manual de la Guadua,2010).

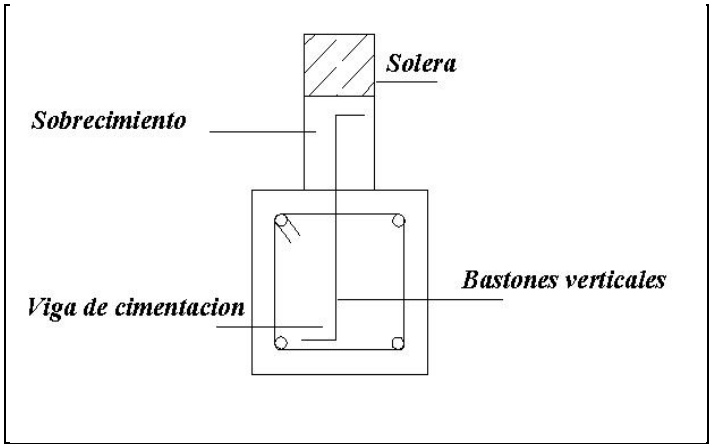


Figura 5.45 Detalle de bastones verticales (Manual de la Guadua, 2010).

5.4.4.2 Terrenos con pendientes: en los casos en los cuales las viviendas se ubiquen en laderas muy pendientes los sobrecimientos deben hacerse de una manera escalonada sobre la viga de cimentación ya sea en mampostería confinada o diagonales y pie derechos en guadua, en la figura 5.46 se indica la forma de estos sobrecimientos.

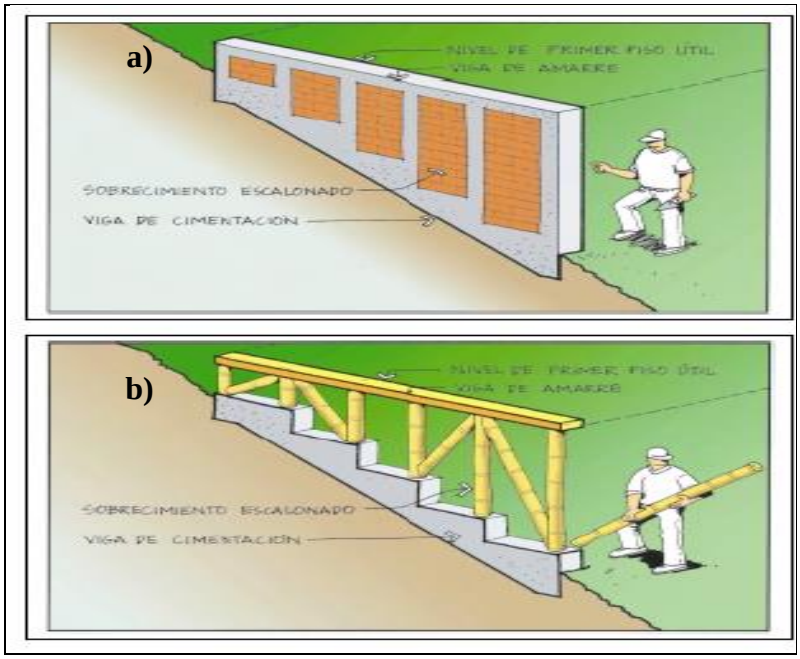


Figura 5.46 Sobrecimiento en pendientes a)Escalonado en mampostería confinada y b) escalonado en diagonales y pie derechos de guadua. (Manual de la Guadua, 2010).

5.4.5 Herramientas

El bambú se deja tratar con las herramientas más simples como por ejemplo el machete, la sierra y el hacha. El desgaste es mucho mayor que con la madera por la dureza de las paredes externas.

Normalmente la guadua se puede comparar con el roble o el arce debido a su peso específico (790 kg /m²) y a su dureza (dureza de BRINELL 4,0), por eso se necesitan herramientas agudas y afiladas para la ejecución de uniones de alta calidad.

Cortar y tallar

En condiciones de tener una guadua verde, esta se deja cortar con el machete; en condiciones de estar seca, es recomendable usar una sierra. Ornamentos y muescas se dejan grabar o tallar con el cuchillo o formón. (Figuras 5.47 y 5.48).

Figura 5.47 Tallado del bambú (Táchira, 2010).

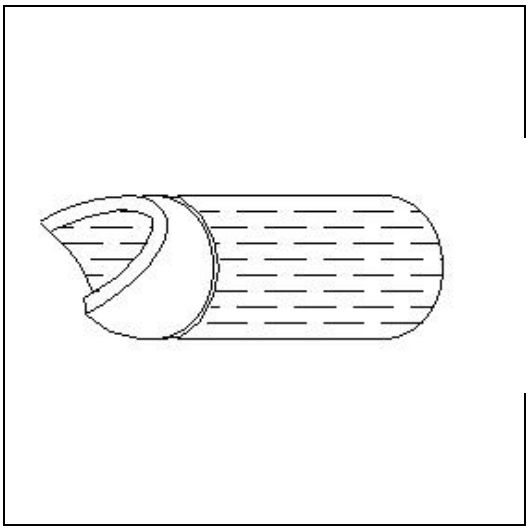


Figura 5.48 Boca de pescado tallada

Serrar

Debido a la dureza del material, las sierras más convenientes son las de tungsteno, el acero de carbono se puede utilizar, pero su desgaste es más alto. Al aserrar los tallos en ángulo recto al eje, la dirección del corte debe de ser considerado, puesto que existe el peligro de rasgar la superficie. (Figura 5.49).

Figura 5.49 Sierra circular (Táchira, 2010).

Rajar

Por el ajuste axial de la fibra en el tallo, esta se deja rajar rápidamente con una cuña. En Asia se parte el tallo con un anillo de cuchillos en 8 -12 latas de 1-3 cm para la producción de láminas. (Figura 5.50).

Figura 5.50 Anillo de cuchillos
(Táchira, 2010).

Taladrar

Se usan taladros para piedras o metal ya que las uniones que se usan en bambú son generalmente atornilladas y empernadas, para ello se recomienda abrir el diámetro del hueco unos 0,5 milímetros más grande.(Figura 5.51).

Figura 5.51 Broca (Internet, 2010).

En la tabla 5.4, una vez conocidas las aplicaciones del bambú guadua dentro de la construcción se procedió a compararlas con la construcción con concreto armado.

Tabla 5.4 Resumen de las principales diferencias entre la construcción con Bambú Guadua y la construcción con Concreto Armado.

Características	Bambú Guadua	Concreto Armado
Materiales principales	Guadua (ml) (Dividida en dos grupos: la correspondiente a los diámetros de 8-12 cm y la de 12-15cm)	Concreto (m^3) Acero (kg)
Mano de obra	Las personas que van a trabajar con Guadua requieren de una capacitación especial de la guadua como material constructivo, desde temas como procesos de cultivo, propiedades físicas, etc., hasta comportamiento desde el punto de vista estructural del material. De igual manera el uso de una carpintería adecuada para el uso de la guadua, es algo diferente a la que se utiliza para la madera. Cortes, uniones y ensambles con guadua deben ser realizados por personas con entrenamiento previo en el manejo de este material.	Las cuadrillas de trabajo tienen también su grado de especialización; están los albañiles, los cabilleros, carpinteros, obreros, maestro de obra, entre otros.
Equipos	Herramientas de uso manual en su mayoría, los mismos de la carpintería: a diferencia del formón que se usa para dar las formas (como por ejemplo la boca de pescado, pico de flauta, entre otros).	Algunos de los más utilizados son: • Concretadora mezcladora. • Vibradora de concreto • Palas • Carretillas • Esmeril

Características	Bambú Guadua	Concreto Armado
Paredes	Se emplea la técnica del bahareque encementado, un sistema estructural de muros que se basa en la fabricación de paredes construidas con un esqueleto de guadua, o guadua y madera, cubierto con un revoque de mortero de cemento, que puede apoyarse en esterilla de guadua, malla de alambre, o una combinación de ambos materiales. El peso de un muro de bahareque encementado está entre los 90 y 130 Kg. / m^2;	Se usan generalmente bloques de cemento, bloques y ladrillos de arcilla. Morteros de cemento, arena y agua. Para frisar y para unir bloques. Un muro en bloque hueco de cemento pesa 250 kg. / m^2 y si fuera de adobe estaría entre los 500 y 700 Kg. / m^2
Cimientos	Debido a que el peso de la estructura en guadua es más liviano, el sistema de cimentación generalmente está compuesto por una malla de vigas que configuran anillos aproximadamente rectangulares en planta, y que aseguran la transición de las cargas de la súper estructura en forma integral y equilibrada. Terreno plano: malla de vigas de cimentación con o sin sobrecrecimiento siempre que se garantice que el bahareque no está en contacto directo con el suelo. Terreno inclinado: Cuando el terreno es inclinado y su pendiente es mayor que el 5%, debe construirse un sistema de cimentación que siga la inclinación del terreno.	El sistema de cimentación para viviendas dependiendo del suelo en el cual se realizara la cimentación puede ser a través de zapatas aisladas, zapatas combinadas y zapatas corridas. También se utilizan las losas de cimentación en las que el apoyo se realiza sobre toda el área de la construcción.

Continuación.

Características	Bambú Guadua	Concreto Armado
Entrepisos	En la construcción con bahareque encementado, se sugiere que el entrepiso o, por lo menos las soleras o carreras, se construyan con madera densa. Sin embargo, en el caso de construir la estructura de entrepiso en guadua, deben colocarse guaduas dobles, una encima de la otra, zunchadas entre sí, haciendo de largueras a distancias, centro a centro entre 30 y 40 cm; encargadas de soportar directamente las cargas del entrepiso, como son: acabados (esterilla, mortero y refuerzo) y las cargas vivas. El material con que están hechas las hacen ser muy livianas No necesitan algún tipo de encofrado y por lo tanto su tiempo de colocación es menor.	Las losas de concreto reforzado utilizan como refuerzo barras de acero corrugado o mallas metálicas de acero. Pueden ser losas nervadas o losas macizas. Los materiales usados son mucho mas pesados Necesitan ser encofradas y duran varios días para que el concreto endurezca y pueda ser retirado el encofrado
Columnas	Pueden construirse en guadua, evitando la acción directa del sol y del agua. Necesariamente deben aislarse del piso por medio de un dado y una unión. Dependiendo de las cargas, luces y proporciones de la edificación, pueden conformarse columnas con una, dos o más guaduas.	Pueden estar directamente en contacto con el suelo, son mucho más resistente a los agentes externos como sol y agua. Dependiendo de las cargas a soportar las columnas varían sus dimensiones

Cubiertas	Los principales elementos que constituyen una estructura de cubierta son las cerchas y correas. Cuando las correas se construyen en guadua, los cantos en contacto directo con el muro deben rellenarse de mortero de cemento fluido. La esterilla también se puede utilizar en techos como soporte para las tejas.	Generalmente para las cubiertas se utilizan losas de concreto similares a las losas de entrepiso.

5.5 Proponer incorporar el bambú guadua en el proceso de los usos sustentables en la construcción de viviendas

1. Es necesaria una política de promoción del bambú y amplia información sobre sus posibilidades, sobre la cantidad y calidad de soluciones que puede aportar a la vida cotidiana del país; para que se generalice su uso.

2. El bambú es un vegetal extraordinariamente resistente. Venezuela tiene un potencial casi ilimitado para su cultivo, pues el bambú gusta de suelos inclinados. Las laderas desnudas de las montañas masacradas bien podrían convertirse en bambuzales para resolver algunos de los muchos grandes problemas que tiene el país, como el de la vivienda.

3. El bambú guadua usado dentro de la construcción reconcilia los tres pilares fundamentales del desarrollo sustentable como lo son el económico, el ambiental y el social:

Económico: el costo de las viviendas en bambú guadua es mucho más económico que una vivienda en concreto armado, lo cual hace más accesible este tipo de viviendas.

Ambiental: la guadua es una especie que tiene una alta velocidad de crecimiento así que es un recurso altamente renovable, para su cultivo y cosecha no se necesitan productos químicos que dañen el medio ambiente. Todo el procesamiento desde la siembra, el corte y el procesamiento para obtener esterillas, y otros productos de la guadua son poco contaminantes.

Social: la capacitación de las mismas comunidades en actividades como la siembra, cosecha, manipulación, y buen uso del bambú en la construcción, permite que puedan satisfacer por si mismos sus necesidades de vivienda.

4. La Guadua angustifolia posee propiedades estructurales sobresalientes, que no sólo superan a las de la mayoría de las maderas sino que además pueden ser comparadas con las del acero y algunas fibras de alta tecnología. la especie absorbe gran cantidad de energía, admite grandes niveles de flexión y que por lo tanto es ideal para levantar construcciones sismoresistentes, muy seguras y a costos muy bajos.

   Venezuela presenta una zonificación sísmica muy variada, en regiones de alto riesgo sísmico las viviendas con bambú son muy aconsejables porque es muy difícil que una vivienda llegue a desplomarse por fuerte que sea el terremoto y porque si esto llegase a ocurrir, la ligereza del material evitará las pérdidas humanas.

5. Como parte de la propuesta se incorpora una serie de muestras fotográficas en el marco real, suministrada por la arquitecta Carolina Zuluaga, pertenecientes a un proyecto realizado por Zuarq. Arquitectos en el municipio Carmen Apicalá del departamento de Tolima, Colombia. Haciendo referencia al trabajo de bambú

guadua en la construcción de viviendas de tal manera se cuente con una idea de cómo puede ser trabajado en nuestro país. (Figuras 5.52 hasta 5.73).

Figura 5.52 Guadual en su estado natural. (Colombia, 2010)

Figura 5.53 Guadua lista para ser cortado. Estado optimo de madurez 5 a 6 años aproximadamente. (Colombia, 2010)

Figura 5.54 Proceso de selección y trasporte de la Guadua al sitio de construcción. (Colombia, 2010)

Figura 5.55 Secado de la Guadua. (Colombia, 2010)

Figura 5.56 Esterilla de guadua para la construcción de paredes. (Colombia, 2010)

Figura 5.57 Inicio de la construcción. (Colombia, 2010)

Figura 5.58 Cimiento placa flotante. (Colombia, 2010)

Figura 5.59 Estructura de Guadua vista desde el interior. (Colombia, 2010)

Figura 5.60 Estructura casa Guadua (vista exterior). (Colombia, 2010)

Figura 5.61 Detalles de la estructura. (Colombia, 2010)

Figura 5.62 Avances en la estructura (Colombia, 2010)

Figura 5.63 Proceso de curvado de la Guadua. (Colombia, 2010)

Figura 5.64 Inicio de paredes con esterilla de Guadua (Colombia, 2010).

Figura 5.65 Pisos y detalles de muro elaborados con estructura de guadua y esterilla del mismo material. (Colombia, 2010)

Figura 5.66 Combinación de materiales (ladrillo-esterillas-Guadua) (Colombia, 2010)

Figura 5.67 Vista del primer y segundo piso. (Colombia, 2010)

Figura 5.68 Muros primer piso. (Colombia, 2010)

Figura 5.69 Placa del primer piso (lista para vaciado). (Colombia, 2010)

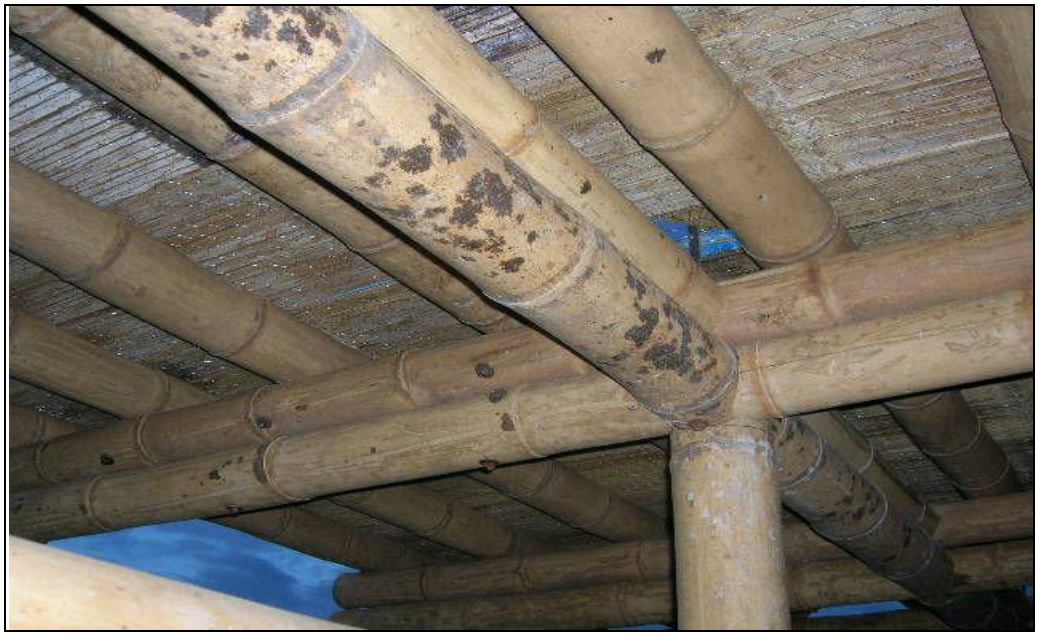


Figura 5.70 Placa de entre piso vista desde abajo. (Colombia, 2010)

Figura 5.71 Techado. (Colombia, 2010)

Figura 5.72 Techado y frisos. (Colombia, 2010)

Figura 5.73 Detalles del friso. (Colombia, 2010)

Figura 5.74 Casa terminada (Colombia, 2010)

Figura 5.75 Casa terminada (vista lateral). (Colombia, 2010).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

1. El bambú guadua están conformado por una serie de estructuras como son rizomas, culmos, ramas, hojas caulinares, follaje, inflorescencia y fruto. El culmo constituye el eje aéreo segmentado que emerge del rizoma a lo largo cual se distinguen dos partes importantes: nudos y entrenudos. Estudios realizados por investigadores como Oscar Hidalgo López, Julios Janssen, Instituto alemán de materiales han verificado propiedades físicas del bambú tales como resistencia a la tracción, resistencia a la compresión, resistencia a la cortante última, entre otras. Destacándose las propiedades de la guadua a tracción por la cual la denomina el acero vegetal.

2. El bambú es una gramínea que para ser utilizado dentro de la construcción debe tener condiciones muy controladas en aspectos como: corte del tallado según su edad o grado de sazonamiento; lo cual determina la mayor o menor resistencia física del bambú como la mayor o menor dureza del mismo, curado del bambú., secado del bambú, tratamiento con preservativos contra hongos e insectos.

3. El culmo de la guadua se divide en 4 piezas diferenciadas tanto en longitud como diámetro; como son la cepa, la basa, la sobrebasa y el varillón, las cuales dentro del campo de la construcción de viviendas tienen usos muy variados; desatancándose la basa ya que posee una mayor cantidad de usos como para columnas, elementos de cerchas, vigas de entrepisos, soleras, sobre- soleras y parales de paredes portantes o divisorias. De la misma basa, se obtiene la esterilla que por su cantidad de aplicaciones tanto para paredes, piso y techo hacen de la misma un elemento fundamental para el diseño de viviendas mas livianas; ideal para viviendas sismo resistentes.

4. Venezuela es un país donde la explotación del bambú esta en un nivel muy bajo, desde el año 1990 hasta el año 2007, se han logrado avances como la afiliación al INBAR y el Proyecto Bambú, sin embargo la siembra y aprovechamiento del bambú para uso de la construcción aun esta muy reciente. Necesitándose fomentar la siembra como factor fundamental para su posterior uso.

5. La construcción con bambú guadua comparada con la construcción con concreto armado en lo que mampostería se refiere son totalmente diferentes ya que en la primera se usa el sistema de bahareque encementado el cual es mucho mas liviano (90 Kg. / m^2 comparado con un muro de bloque de cemento que pesa 250 kg. / m^2)

Recomendaciones:

1. Se recomienda ampliar la investigación sobre este tema en general, y en particular sobre los diferentes métodos que existen para el cultivo y uso de la guadua en nuestro país.

2. Se recomienda implantar una cultura a nivel universitario para que nuevos profesionales se preparen y desarrollen proyectos en pro del ambiente.

3. Se recomienda incorporar este proyecto a la comunidad en pro que sean conscientes, participes y voceros de estas nuevas técnicas.

4. Se recomienda incentivar a los nuevos tesistas por parte de sus tutores, para que ejecuten proyectos con soluciones sustentables. La cooperativa Bambusa está actualmente desarrollando investigaciones sobre los techos verdes en viviendas e interesada en prestar colaboración para el desarrollo de este tema.

5. Se recomienda la sugerencia para que sean incluidos en los próximos congresos, seminarios y charlas temas sobre solución habitacional a través de proyectos sustentables, en especial la construcción con bambú Guadua.

REFERENCIAS

Balestrini, M. (2002) **COMO SE ELABORA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**.BL Consultores Asociados. Servicio Editorial. 6ta Edición.

Hernández R, Fernández, C.(1997) **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.** Editorial MCGRAW HILL.

Sabino, C. (1992) **EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN.** Editorial Panapo.

Tamayo y Tamayo, Mario (2003) **EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA.** Limusa. NORIEGA EDITORES, México DF, México, 4ª Ed.

Universidad Pedagógica Experimental Libertador, (2006). **MANUAL DE TRABAJOS DE GRADO DE ESPECIALIZACIÓN Y MAESTRÍA Y TESIS DOCTORALES**. (4ª ed.). Caracas: Autor.

Villegas, Marcelo (2003) **GUADUA, ARQUITECTURA Y DISEÑO**, Villegas Editores

Hidalgo, López Oscar (1978) **NUEVAS TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN CON BAMBÚ,** Estudios Técnicos Colombianos Ltda. Universidad Nacional de Colombia. Bogota, Colombia.

Janssen, J.J.A (1980) THE **MECHANICAL PROPERTIES OF BAMBOO USED IN CONSTRUCTION**. Eindhoven University of Technology, Netherlands. In: Proceedings: Bamboo Research in Asia. IDRC-IUFRO.

Janssen, J.J.A. (1980);**BAMBOO IN BUILDING STRUCTURES** Eindhoven University of Technology, Netherlands. In: Proceedings: Bamboo Research in Asia. IDRC-IUFRO.

Aristizábal Parra (2000); **GUÍA PARA AUTOCONSTRUCCIÓN UTILIZANDO LA GUADUA COMO ELEMENTO PRINCIPAL,** 3ª. Edición, Santa fe de Bogotá, Colombia.

Töngues, C. **CONSTRUIR CON BAMBÚ GUADUA ANGUSTIFOLIA - CIENCIA Y TÉCNICA** http://www.conbam.de/

www.guaduaybambu.com

www.desenredando.org/public/libros/2001/csrvbe/guadua_lared.pdf

www.douglasdreher.com/proyectos/canaguadua/

www.todoarquitectura.com/v2/Gal_proy002-1.asp.

http://bambus.rwth-aachen.de/eng/reports/modern_architecture/referat.html

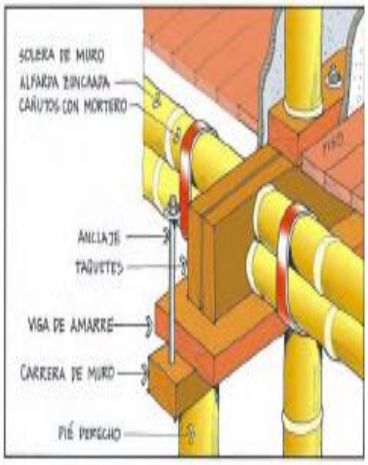
www.zeri.org/expo/pavilion.htm

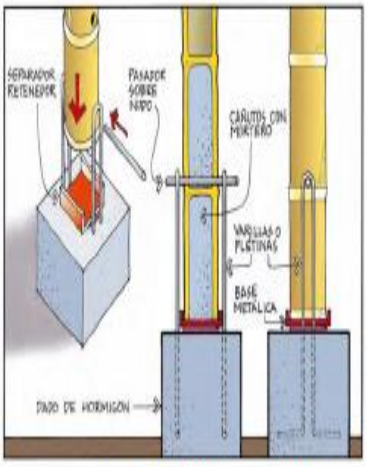
ANEXOS

ANEXO 1

MANUAL DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE DE VIVIENDAS EN BAHAREQUE ENCEMENTADO

MANUAL DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE DE VIVIENDAS EN BAHAREQUE ENCEMENTADO





DESARROLLADO POR:

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA

PUBLICACIÓN FINANCIADA POR:

FONDO PARA LA RECONSTRUCCIÓN Y DESARROLLO SOCIAL DEL EJE CAFETERO - FOREC

ANEXO 2

PEQUEÑO MANUAL DE LA GUADUA

PEQUEÑO MANUAL DE LA GUADUA

Trabajo de investigación: Prof. Félix E. Díaz

GENERALIDADES

LA GUADUA *angustifolia Kunth,*

SUS POSIBILIDADES Y RENDIMIENTO

Ante la pregunta: 'Qué es la Guadua angustifolia Kunth y qué posibilidades nos ofrece? Podemos hacer una breve descripción introductoria -que más adelante se irá ampliando a través de este trabajo- diciendo, que la Guadua angustifolia Kunth (Bambusa guadua H y B), **denominada popularmente en Venezuela como Guafa o Guasdua, es una de las especies del Bambú.**

Botánicamente el Bambú está clasificado como Bambuseae, una tribu de la familia de las gramíneas. Las bambusas se encuentran alrededor del mundo entre los 35 grados latitud norte y los 47 grados latitud sur, exceptuando a Europa que no posee especies nativas. Donde mejores características presenta es en una amplia faja del anillo ecuatorial del continente americano.

En América existen alrededor de 320 especies de leñosas, pudiéndose reconocer variedades dentro de la especie, por lo que se han establecido pequeñas variaciones de esta Guadua denominadas "formas", tales como Guadua macana, Guadua cebolla y Guadua castilla.

Estructuralmente está constituida por un sistema de ejes vegetativos segmentados, formando alternadamente nudos y entrenudos, los cuales son diferentes en el Rizoma, el Tallo y las Ramas.

El Rizoma no sólo sirve como anclaje y apoyo radicular de la planta, sino que almacena los nutrientes que han de ser distribuidos y procesados por ésta, sirviendo, además, para la propagación vegetativa mediante su ramificación.

Su tallo aéreo se caracteriza por tener forma cilíndricaa y entrenudos huecos, separados transversalmente por tabiques o nudos que le imparten mayor rigidez, flexibilidad y resistencia. Su diámetro varía según la variedad, clima, suelo, etc., dependiendo también del punto en que se mida a lo largo del tallo, ya que puede presentar diámetros en su arranque basal que varían entre 11 y 20 cm (según la variedad) hasta menores de 3 cm en su extremo apical.

Su tallo es acuminado, es decir, que presenta una reducción continua y uniforme a lo largo de su longitud total, la cual puede sobrepasar los 30 metros en algunas variedades. El espesor de las paredes del tallo varía de 1 a 2,5 cm., según la ubicación del mismo.

Tiene un amplio rango altitudinal que va desde el nivel del mar hasta los 2.100 mts.; alcanzando su mejor desarrollo en altitudes que no sobrepasan los 1.800 m.s.n.m.

Requiere de una buena distribución de la precipitación pluviométrica durante todo el año, con valores comprendidos entre 1.300 y 4.000 mm., dentro de una humedad relativa no menor del 80% y temperaturas entre 15°Cv36°C.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/5

Título	**ANÁLISIS DEL USO DE LA ESPECIE DE BAMBÚ GUADUA COMO ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN VENEZUELA.**
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Carlos Andrés Pérez Salaverria	**CVLAC**	**15.843.405**
	e-mail	**carlos_andres24@hotmail.com**
	CVLAC	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Bambú Guadua
Construcciones con Bambú Guadua
Construcciones con materiales sustentables
Materiales sustentables
Alternativas en la construcción de viviendas en Venezuela
Usos del Bambú

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/5

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Departamento de Ingeniería Civil	**Ingeniería Civil**

Resumen (abstract):

Este trabajo de grado cuyo objetivo general es "Analizar el uso de la especie bambú Guadua con la finalidad de ser utilizado como un material sustentable para la construcción de viviendas en Venezuela" basado en soluciones y estudios reales a nivel mundial, que han sido aplicados en busca del mismo propósito: solventar problemas habitacionales a través de materiales y procedimientos que disminuyan costos, sean respetuosos con el ambiente y constituyan proyectos viables para todos los sectores de la sociedad. Según esas características y por su milenario uso, el bambú guadua se postula como uno de los grandes para la construcción siendo estructuralmente eficiente con una excelente ratio peso-resistencia. El nivel de investigación es de tipo descriptivo y con un diseño documental. Se estableció un marco referencial con bases teóricas que incluyeron una selección de manuales, tesis, publicaciones y consulta a expertos que contemplan estudios desde la descripción de la plata y su utilidad en la construcción según sus partes hasta un recorrido por las condiciones del bambú Guadua en el país. Posteriormente, se estableció una comparación mediante una tabla para verificar que tanto coinciden o difieren la construcción con Guadua y la convencional. Finalmente se establecieron las propuestas de inclusión del bambú Guadua en la construcción en Venezuela, sustentándola con unas referencias fotográficas que muestran como es el proceso.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/5

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Prof. Giovanni Greco	**ROL**	**CA** [ ] **AS** [ ] **TU** [x] **JU** [ ]
	CVLAC	**8.868.256**
	e-mail	**griecogiov@yahoo.com**
Prof. Orlando Guevara	**ROL**	**CA** [ ] **AS** [ ] **TU** [ ] **JU** [x]
	CVLAC	**4.983.662**
	e-mail	**Oquesa1958@hotmail.com**
Prof. Jesús Martínez	**ROL**	**CA** [ ] **AS** [ ] **TU** [ ] **JU** [x]
	CVLAC	**18.236.171**
	e-mail	**Jesus.martinez.noriega@gmail.com**

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2011	03	21

Lenguaje: spa

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/5

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis-Construcción con Bambú Guadua.doc	**Aplication/msword**

Alcance:

Espacial: _____ (Opcional)

Temporal: _____ (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: **Ingeniero Civil**

Nivel Asociado con el Trabajo: _____

Área de Estudio: **Ingeniería Civil**

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado: Universidad de Oriente

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/5

Derechos:

De acuerdo al articulo 44 del reglamento de trabajos de grado

“Los Trabajos de grado son exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizadas a otros fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo, quien lo participara al Consejo Universitario”

Condiciones bajo las cuales los autores aceptan que el trabajo sea distribuído. La idea es dar la máxima distribución posible a las ideas contenidas en el trabajo, salvaguardando al mismo tiempo los derechos de propiedad intelectual de los realizadores del trabajo, y los beneficios para los autores y/o la Universidad de Oriente que pudieran derivarse de patentes comerciales o industriales.

_____ _____

AUTOR 1 **AUTOR 2**

_____ _____ _____

. TUTOR **JURADO 1** **.** **JURADO 2**

POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS:

_____